

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

**Avaliação do Potencial Nacional
para o Aproveitamento de
Biomassa Florestal para
Fins Energéticos**

Pedro Sebastião Perestrelo de Souza e Holstein Campilho

Mestrado em Bioenergia

Orientador: Professor Doutor Fernando Reboredo

Co-orientador: Professora Doutora Margarida Tomé

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa para a Obtenção do grau de Mestre em Bioenergia

Lisboa
2010

Número de arquivo

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer à Professora Doutora Margarida Tomé, pela determinante ajuda prestada desde a definição dos objectivos e amplitude do estudo, à definição e ajustamento metodológico, e ainda no acesso ao diverso conjunto de modelos e simuladores de produção. Saliento ainda toda a disponibilidade sempre por si demonstrada, no esclarecimento de todas as dúvidas e pelo seu contínuo apoio no decorrer do trabalho.

Agradeço igualmente ao meu orientador, Professor Doutor Fernando Reboredo, pela confiança que me foi depositando ao longo do trabalho, pelo seu sentido crítico e por toda a disponibilidade e flexibilidade demonstrada no decorrer do mesmo.

Quero ainda agradecer à Eng.^a Marta Baptista Coelho e à Eng.^a Susana Barreiro, por toda a ajuda prestada na definição e ajustamento do diverso conjunto de metodologias utilizadas.

Agradeço à Eng.^a Cristina Santos, em nome da Autoridade Florestal Nacional, pela permissão de utilização dos dados referentes ao Inventário Florestal Nacional 2005-2006, utilizados na base deste trabalho.

Ao Eng.^o José Luís Carvalho e ao Eng.^o Armando Goes, agradeço uma vez mais a ajuda prestada na definição dos pressupostos de evolução de consumo de biomassa a nível nacional.

Resumo

A tendência de perda de sustentabilidade socioeconómica do sector florestal Português verificada nos últimos anos, quando complementada com uma conjectura de incentivo à produção de energias renováveis, traduz-se num conjunto de desenvolvimentos os quais potenciam a procura de biomassa proveniente de resíduos de exploração florestal para um aproveitamento energético.

O presente estudo foi desenvolvido com o objectivo de quantificar a disponibilidade potencial de biomassa florestal a nível do território nacional (Nut I) e do conjunto das regiões pertencentes à Nut II, em diferentes cenários de sustentabilidade de produção.

Nesse sentido, foram utilizados os dados referentes ao Inventário Florestal Nacional 2005-2006 para o conjunto das espécies que assumem uma maior representatividade nacional, tendo-se utilizado um conjunto de modelos de produção característicos de cada uma das espécies, nomeadamente os modelos de produção Glóbulus 3.0. e Pbravo, tendo-se ainda recorrido à utilização do simulador SimYT de forma a quantificar o potencial contributo do sector florestal para a satisfação da procura de biomassa prevista no curto, médio e longo prazo.

Os principais resultados obtidos demonstraram que considerando uma procura actual de biomassa em território nacional de cerca de 1,715,000 toneladas (base seca), a qual se estima que evolua em 2012 para cerca de 2,655,000 toneladas, e que estabilize em 2015 em cerca de 3,080,000 toneladas, se verifique que assumindo um cenário de exclusão da exploração de áreas sobre regime de protecção a procura de biomassa seja assegurada em 2010, num cenário conservador de exploração (2,225,000 toneladas).

Neste mesmo cenário de exclusão de exploração em áreas sobre regime de protecção, verifica-se uma necessidade de incrementar a exploração face às existências para cerca de 75% em 2012 e mais de 85% em 2015. No ano de 2020, o défice entre a procura e disponibilidade de biomassa, num cenário onde a exploração atinga 75% das existências, corresponde a um valor de cerca de 870,000 toneladas de biomassa (base seca).

Verificou-se assim, que a procura de biomassa tende a ser satisfeita no curto prazo, em cenários tendencialmente sustentáveis. No entanto, numa projecção a médio e longo prazo, mesmo sem considerar incrementos significativos na procura deste recurso, traduz uma dificuldade de satisfação do mercado estabelecido, em condições de sustentabilidade semelhantes às verificadas no curto prazo.

Abstract

The trend in loss of socio-economic sustainability of the Portuguese forestry sector verified in recent years, when complemented with a conjecture to encourage renewable energy production, results in a set of developments which leverage the demand from biomass residues from logging to energy utilization.

This study was developed with the aim of quantifying the potential availability of forest biomass within the national territory (NUT I) and of all the regions belonging to the NUT II, in different scenarios of production sustainability.

In this sense, data from the National Forest Inventory (2005-2006) for all the species that are of greater national representation was used, and several production models characteristic for each species were used, including the production models Glóbulus 3.0 and Pbravo, having also contested the use of the simulator SimYT to quantify the potential contribution of forestry sector to meet the demand for biomass expected in the short, medium and long term.

The main results showed that considering a current demand for biomass in the country of about 1,715,000 tons (dry basis), which is estimated to evolve in 2012 to about 2,655,000 tons (dry basis), and to stabilize in 2015 at about 3,080,000 tons (dry basis), it is possible to verify in 2010, assuming a scenario of biomass exploitation on protection areas, that the demand for biomass will be met with a conservative biomass exploration scenario (2,225,000 tons).

In this same scenario of exclusion operating in areas under protection regime, there is a need for increased exploration in relation to stocks of about 75% in 2012 and over 85% in 2015. In 2020 the shortfall between demand and availability of biomass, in a setting where the operation reaches 75% of stocks, corresponds to a value of about 870,000 tons of biomass (dry basis).

It was also found that demand for biomass tends to be satisfied in the short term in scenarios tending towards sustainability. However, in medium and long term projections, even without considering significant increases in demand for this residue, there was a difficulty in meeting the established market in sustainability conditions similar to those seen in the short term.

Índice

| | |
|---|-----------|
| 1. Nota introdutória | 11 |
| 1.1. Sector florestal | 11 |
| 1.1.1. A floresta portuguesa | 11 |
| 1.1.2. Perda da sustentabilidade económica | 13 |
| 1.2. Sector energético | 15 |
| 1.2.1. Balanço energético nacional | 15 |
| 1.2.2. Bioenergia e energias renováveis | 17 |
| 1.2.3. Metas gerais para a produção de bioenergia | 18 |
| 1.3. Biomassa florestal e aproveitamento bioenergético | 20 |
| 1.3.1. Sustentabilidade da exploração da biomassa residual florestal | 21 |
| 1.3.2. Consumo nacional de biomassa florestal | 25 |
| 2. Metodologias | 28 |
| 2.1. Determinação de áreas florestais | 28 |
| 2.2. Quantificação da biomassa florestal proveniente dos resíduos de exploração das espécies principais | 30 |
| 2.2.1. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Eucalipto | 31 |
| 2.2.1.1. Modelo de produção Glóbulus 3.0 | 31 |
| 2.2.1.2. Simulação simYT | 32 |
| 2.2.2. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Pinheiro bravo | 35 |
| 2.2.2.1. Modelo de produção Pbravo | 35 |
| 2.2.2.2. Simulação simYT | 36 |
| 2.3. Quantificação da biomassa florestal proveniente dos resíduos de exploração das espécies secundárias | 37 |
| 2.3.1. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Sobreiro | 38 |
| 2.3.2. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Azinheira | 39 |
| 2.3.3. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de outros Carvalhos | 39 |
| 2.3.4. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Pinheiro manso | 40 |

| | |
|---|-----------|
| 2.3.5. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Castanheiro | 41 |
| 3. Discussão de resultados | 42 |
| 3.1. Análise da quantificação de biomassa proveniente dos resíduos de exploração das espécies principais | 42 |
| 3.1.1. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de eucalipto | 43 |
| 3.1.2. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de pinheiro bravo | 51 |
| 3.2. Análise da quantificação de biomassa proveniente dos resíduos de exploração das espécies secundárias | 59 |
| 3.2.1. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Sobreiro | 59 |
| 3.2.2. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Azinheira | 61 |
| 3.2.3. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de outros Carvalhos | 61 |
| 3.2.4. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Pinheiro manso | 63 |
| 3.2.5. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Castanheiro | 64 |
| 3.3. Análise da quantificação de biomassa proveniente dos resíduos de exploração para a totalidade das espécies consideradas | 65 |
| 4. Conclusões | 69 |
| 5. Referências bibliográficas | 72 |
| <i>Anexo I</i> | 75 |
| <i>Anexo II</i> | 79 |
| <i>Anexo III</i> | 83 |

Índice de figuras

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Figura I | Estrutura da propriedade florestal em Portugal e a sua distribuição em função da dimensão. (fonte: DGF, 1999) | 12 |
| Figura II | Evolução da área ardida no período de 1980 a 2008. (fonte: AFN, 2009) | 13 |
| Figura III | Estrutura do consumo de energia primária em 2008. (Fonte: DGGE, 2010) | 16 |
| Figura IV | Estrutura da importação em valor, de produtos energéticos no ano 2008. (DGGE, 2009) | 17 |
| Figura V | Distribuição da energia eléctrica produzida e da potência instalada em 2008. (Fonte: DGGE, 2009) | 18 |
| Figura VI | Mapeamento dos principais regimes de protecção existentes em Portugal. (Fonte: ICNB, 2010) | 24 |
| Figura VII | Evolução da área equivalente de existências de eucalipto versus evolução de área de cortada. | 46 |
| Figura VIII | Evolução do volume de procura de eucalipto versus volume cortado (Nut I). | 47 |
| Figura IX | Evolução do volume de procura de eucalipto versus volume cortado (Nut I excluindo regimes de protecção). | 47 |
| Figura X | Evolução do volume de eucalipto cortado versus biomassa residual produzida (Nut I). | 48 |
| Figura XI | Evolução do volume de eucalipto cortado versus biomassa residual produzida (Nut I excluindo regimes de protecção). | 48 |
| Figura XII | Evolução da produção de biomassa residual de eucalipto, por componente num cenário de procura constante (Nut I). | 49 |
| Figura XIII | Evolução da produção de biomassa residual de eucalipto, por componente num cenário de procura constante (Nut I excluindo regimes de protecção). | 49 |
| Figura XIV | Evolução da produção de biomassa de eucalipto, num cenário de procura constante (Nut II). | 50 |
| Figura XV | Evolução da produção de biomassa de eucalipto, num cenário de procura constante (Nut II excluindo regimes de protecção). | 50 |
| Figura XVI | Evolução da área equivalente de existências de pinheiro bravo versus evolução de área de cortada. | 54 |
| Figura XVII | Evolução do volume de procura de pinheiro bravo versus volume cortado (Nut I). | 55 |
| Figura XVIII | Evolução do volume de procura de pinheiro bravo versus volume cortado (Nut I excluindo regimes de protecção). | 55 |
| Figura XIX | Evolução do volume de pinheiro bravo cortado versus biomassa residual produzida (Nut I). | 56 |

| | | |
|---------------------|--|-----------|
| Figura XX | Evolução do volume de pinheiro bravo cortado versus biomassa residual produzida (Nut I excluindo regimes de protecção). | 56 |
| Figura XXI | Evolução da produção de biomassa residual de pinheiro bravo, por componente num cenário de procura constante (Nut I). | 57 |
| Figura XXII | Evolução da produção de biomassa residual de pinheiro bravo, por componente num cenário de procura constante (Nut I excluindo regimes de protecção). | 57 |
| Figura XXIII | Evolução da produção de biomassa de pinheiro bravo, num cenário de procura constante (Nut II). | 58 |
| Figura XXIV | Evolução da produção de biomassa de pinheiro bravo, num cenário de procura constante (Nut II excluindo regimes de protecção). | 58 |

Índice de quadros

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| Quadro I | Variação da composição da floresta portuguesa entre 1974 e 2006. (fonte: ISA, 2005 para o período 1971-1978; Amaral, M., 2009 para os restantes períodos) | 12 |
| Quadro II | Evolução dos volumes de corte de pinheiro bravo e de eucalipto. (fonte: APA, 2010) | 14 |
| Quadro III | Evolução das áreas de pinheiro bravo e eucalipto plantadas no período de 1990 a 2000. (fonte: APA, 2010) | 14 |
| Quadro IV | Consumos actuais e previsionais de biomassa em Portugal. | 27 |
| Quadro V | Distribuição das 12258 parcelas que foram visitadas no campo pelos diferentes tipos de ocupação do solo. (Tomé, et al., 2007) | 29 |
| Quadro VI | Distribuição das parcelas que corresponderam aos usos do solo florestal e outras formações lenhosas por espécie principal e tipo de parcela. (Tomé, et al., 2007) | 30 |
| Quadro VII | Parâmetros de simulação utilizados no caso do eucalipto. | 34 |
| Quadro VIII | Parâmetros de simulação utilizados no caso do eucalipto. | 36 |
| Quadro IX | Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de Sobreiro. | 60 |
| Quadro X | Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Sobreiro. | 60 |
| Quadro XI | Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Azinheira. | 61 |
| Quadro XII | Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de outros Carvalhos. | 62 |
| Quadro XIII | Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de outros Carvalhos. | 62 |
| Quadro XIV | Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de Pinheiro manso. | 63 |
| Quadro XV | Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Pinheiro manso. | 64 |
| Quadro XVI | Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de Castanheiro. | 64 |
| Quadro XVII | Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Castanheiro. | 65 |

Quadro XVIII Disponibilidade média anual de biomassa florestal residual, proveniente das espécies principais e secundárias, ao nível da Nut I (cenário de procura constante para as espécies principais). **67**

Quadro XIX Disponibilidade média anual de biomassa florestal residual, proveniente das espécies principais e secundárias, ao nível da Nut I excluindo regimes de protecção (cenário de procura constante para as espécies principais). **68**

1. Nota introdutória

1.1. Sector florestal

No contexto interno, o sector florestal ocupa um lugar de destaque entre os diferentes ramos da actividade económica, correspondendo-lhe 5.3% do VAB da economia, 14% do PIB industrial, 9% do emprego industrial e 12% das exportações nacionais. No contexto internacional, nomeadamente no europeu, Portugal é um dos países onde este sector apresenta uma maior preponderância. (Anefa, 2010).

Para além do peso que representa na economia, a relevância da floresta para a sociedade tem ainda de ser entendida noutras perspectivas, tanto ou mais importantes, na medida em que contribui de uma forma inestimável para a preservação do ambiente, através da regularização dos recursos hídricos, da protecção dos solos e da fixação do carbono, assim como para o desenvolvimento social do País através da fixação das populações nas zonas rurais.

Multiplicam-se, assim, as vertentes das utilidades sociais da floresta. No entanto, a tradução quantitativa dessas utilidades em termos económicos, mesmo quando avaliados do ponto de vista da colectividade, não possui ainda um rigor de métodos de avaliação e de integração equivalentes aos da valorização económica. A floresta fica, assim, diminuída na sua capacidade de reivindicação real, sobretudo financeira, para a recolha dos meios necessários ao estabelecimento e suporte das políticas de acção (ISA, 2005).

1.1.1. A floresta portuguesa

A existência de inúmeros pequenos proprietários florestais e a reduzida dimensão média das explorações (figura I), condicionam de forma determinante o desenvolvimento integrado da floresta nacional.

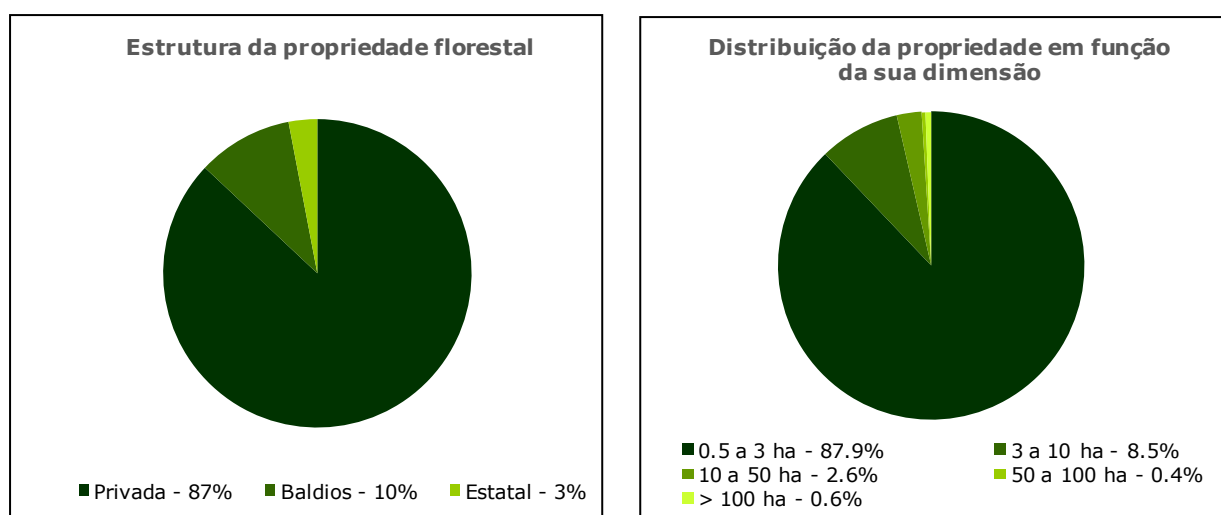


Figura I – Estrutura da propriedade florestal em Portugal e a sua distribuição em função da dimensão. (fonte: DGF, 1999)

Confirmada a vocação florestal nacional e as intenções oficiais de fomento florestal, sucessivamente assumidas e anunciadas, a área ocupada por povoamentos florestais aumentou entre a 1.^a (1971-1978) e a 3.^a revisão do Inventário Florestal Nacional (1995-1998) de 3.0 milhões de hectares para 3.2 milhões de hectares (Quadro I). O período decorrido entre a 1.^a revisão do Inventário Florestal Nacional e o Inventário decorrido em 2005-2006, demonstra uma alteração significativa na ocupação das espécies de Pinheiro bravo e de eucalipto, facto que havia já sido demonstrado aquando a realização da 3.^a revisão do inventário.

Quadro I - Variação da composição da floresta portuguesa entre 1974 e 2006 (fontes: ISA, 2005 para o período 1971-1978; Amaral, M., 2009 para os restantes períodos).

| | 1971 - 1978 (1. ^a Revisão IFN) | | 1995 - 1998 (3. ^a Revisão IFN) | | 2005 - 2006 (IFN) | |
|-----------------------------|---|-------------|---|-------------|-------------------|-------------|
| | 1,000 ha | % | 1,000 ha | % | 1,000 ha | % |
| Pinheiro bravo | 1,299 | 43% | 976 | 30% | 971 | 30% |
| Eucalipto | 313 | 10% | 672 | 21% | 743 | 23% |
| Sobreiro ² | 701 | 23% | 713 | 22% | 643 | 20% |
| Azinheira | 475 | 16% | 462 | 14% | 460 | 14% |
| Pinheiro manso | 55 | 2% | 78 | 2% | 118 | 4% |
| Outras resinosas | 37 | 1% | 27 | 1% | 35 | 1% |
| Carvalhos ¹ | | | 131 | 4% | 163 | 5% |
| Castanheiro ^{1, 2} | | | 41 | 1% | 20 | 1% |
| Outras folhosas | 167 | 5% | 102 | 3% | 102 | 3% |
| Total | 3,046 | 100% | 3,202 | 100% | 3,255 | 100% |

¹ Valores agregados para o período 1971-1978 com outras folhosas.

² Áreas estimadas para o período 2005-2006, por não considerar novas plantações.

Embora não se verifique uma alteração significativa dos valores absolutos das áreas florestais, tem-se verificado nos últimos anos, um elevado número de incêndios com uma correspondência a extremos de áreas ardidas (figura II), o que tem contribuído para o agravamento da dificuldade

crecente em satisfazer as necessidades nacionais das indústrias que lhe estão subjacentes (Farrajota, 2005).

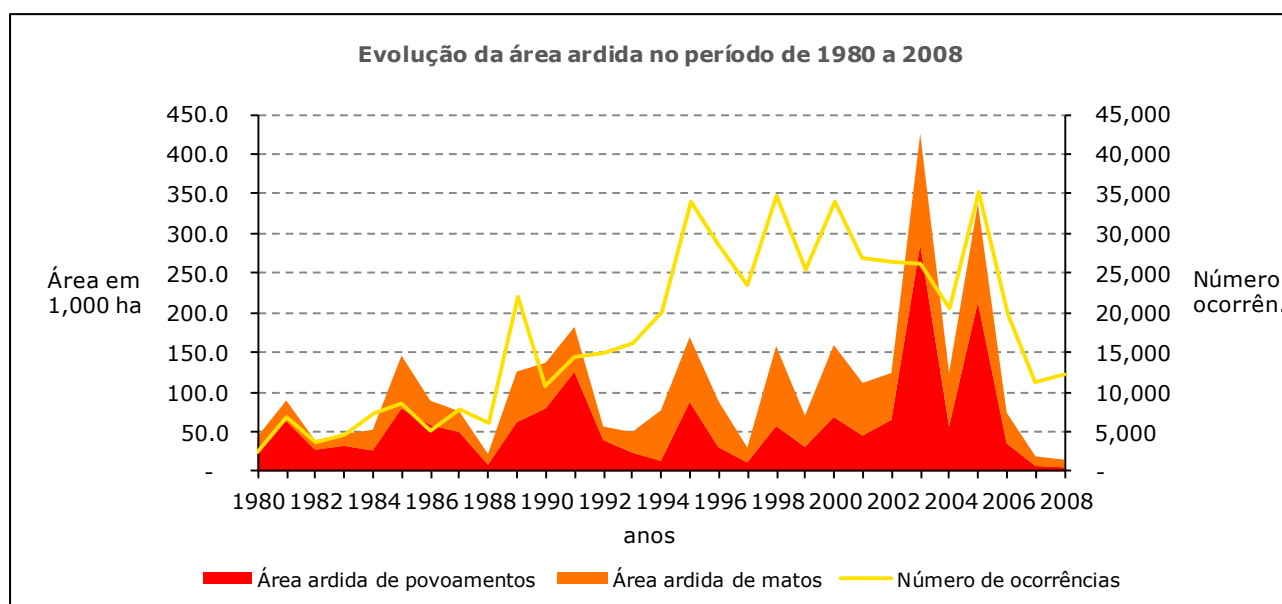


Figura II - Evolução da área ardida no período de 1980 a 2008. (fonte: AFN, 2009)

1.1.2. Perda da sustentabilidade económica

Nos últimos anos, agravou-se o problema da perda de competitividade e de atratividade para o investimento da floresta portuguesa, com a sua consequente exposição crescente ao abandono e ao risco de incêndio.

Num contexto de crescente competitividade mundial, com a estabilização dos preços da madeira para trituração (o principal produto da floresta de pinho e eucalipto), a floresta portuguesa explorada para três mercados fundamentais (indústria corticeira, celulose e aglomerados) foi paulatinamente perdendo o seu valor (ISA, 2005).

Sem gestão e exposta a um risco de incêndio que reduziu a atratividade do investimento, os espaços florestais produziram materiais lenhosos de baixo valor, prematuramente cortados e sem reinvestimento assegurado.

As receitas geradas transferidas para outros sistemas económicos, afastadas por ciclos de fogo cada vez mais frequentes, só permitiam assegurar o investimento realizado em eucaliptais de produtividades acima da média ou no montado do sobro, equilibrado (no curto prazo) pela exploração agro-silvo-pastoril (ISA, 2005).

O reflexo desta situação é demonstrado pela evolução dos volumes de corte, com acréscimos claros no eucaliptal, traduzindo a maior atratividade do investimento, e decréscimos significativos na área de pinhal potencialmente resultante do seu reduzido retorno económico (quadro II).

Quadro II – Evolução dos volumes de corte de pinheiro bravo e de eucalipto (fonte: APA, 2010).

| Ano | Consumo de madeira (1,000m ³ eq. c/casca) | |
|------|--|-----------|
| | Pinheiro bravo | Eucalipto |
| 1990 | 8,716 | 5,423 |
| 1991 | 7,467 | 6,098 |
| 1992 | 6,925 | 5,959 |
| 1993 | 6,889 | 5,907 |
| 1994 | 6,659 | 5,653 |
| 1995 | 6,672 | 5,078 |
| 1996 | 6,207 | 5,060 |
| 1997 | 6,207 | 5,060 |
| 1998 | 5,717 | 4,995 |
| 1999 | 5,711 | 5,516 |
| 2000 | 5,182 | 5,649 |
| 2001 | 5,161 | 5,984 |
| 2002 | 4,284 | 6,546 |
| 2003 | 4,606 | 7,367 |
| 2004 | 5,569 | 8,161 |
| 2005 | 4,624 | 8,876 |
| 2006 | 4,935 | 8,663 |
| 2007 | 5,116 | 8,519 |

Mesmo perante os esforços de entidades privadas, ainda que com recurso a um conjunto de diversos instrumentos de apoio à florestação (PAF, Reg 797, PDF, Reg 2080, Modelo 47, Projecto Florestal Português do Banco Mundial, Fundo Fomento Florestal), verifica-se que as áreas florestadas entre 1990 e 2000 reflectem uma insuficiência para colmatar não só uma crescente procura de material lenhoso, bem como para fazer face às perdas relativas às áreas ardidas e abandonadas anualmente (Quadro III).

Quadro III – Evolução das áreas de pinheiro bravo e eucalipto plantadas no período de 1990 a 2000 (fonte: APA, 2010).

| Período | Área plantada (ha) | |
|-------------|--------------------|-----------|
| | Pinheiro bravo | Eucalipto |
| 1990 - 1994 | 24,000 | 12,000 |
| 1995 - 2000 | 30,000 | 29,000 |

Os sintomas que permitem antever a gravidade perspectivada da situação futura começam a surgir nas análises mais detalhadas, onde a depauperação sistemática da floresta se torna evidente, verificando-se hoje uma sobre exploração do sector, condicionando a produção de material lenhoso de valor acrescentado e colocando em risco a oferta sustentada de bens e serviços gerados no sector florestal. (ISA, 2005).

Para a actual situação fragilizada que caracteriza a floresta portuguesa contribuiu a ausência de uma política florestal clara, consistente e integrada com as restantes políticas sectoriais nacionais (Farrajota, 2005).

Para além da falta de enquadramento institucional, outros factores específicos da floresta e da sua actividade que têm vindo a contribuir para esta situação (ISA, 2005):

- A estrutura muito atomizada da propriedade florestal em que 88% das explorações têm menos do que três hectares (Figura 1);
- A taxa de arborização média anual que, em muitos anos e em algumas espécies, tem sido inferior à taxa de destruição provocada pelos incêndios;
- A baixa produtividade de muitos dos povoamentos florestais existentes, com impactos directos na rentabilidade e na atractividade do investimento;
- O nível de degradação registado em muitos povoamentos;
- A reduzida profissionalização da gestão florestal e da qualidade dos trabalhos silvícolas;
- A forte pressão que a indústria está a exercer sobre a oferta de matérias-primas (quadro II);
- A reduzida competitividade de algumas indústrias que lhe estão subjacentes;
- A evolução do mundo rural e as transformações das estruturas económico-sociais das áreas mais deprimidas, em especial na sequência das alterações demográficas verificadas;

1.2. Sector energético

1.2.1. Balanço energético nacional

Portugal é um país com escassos recursos energéticos próprios, nomeadamente, aqueles que asseguram a generalidade das necessidades energéticas da maioria dos países desenvolvidos (como o petróleo, o carvão e o gás). Tal situação de escassez conduz a uma elevada dependência energética do exterior (82.3% em 2008), e a uma vulnerabilidade às flutuações dos preços internacionais, nomeadamente do preço do petróleo, exigindo assim um esforço no sentido de aumentar a diversificação energética. (DGGE, 2010)

O consumo de petróleo observa uma taxa de crescimento semelhante à do consumo total de energia primária. Em termos relativos, este produto energético mantém um papel essencial na estrutura de abastecimento, tendo representado 51.6% do consumo total de energia primária em 2008. (DGGE, 2010)

A introdução do gás natural em 1997, contribuiu para diversificar a estrutura da oferta de energia e reduzir a dependência exterior em relação ao petróleo. A introdução deste combustível registou uma evolução positiva na composição *mix* energético, tendo representando em 2008 17% do total do consumo em energia primária.

Quanto ao consumo de carvão, que representou em 2008 10.3% do total do consumo de energia primária, verifica-se face a 2005 (12.4%) uma diminuição significativa no seu consumo. Tal facto deve-se a uma redução progressiva do peso do carvão na produção de electricidade, devido ao seu impacto nas emissões de CO₂ (DGGE, 2010).

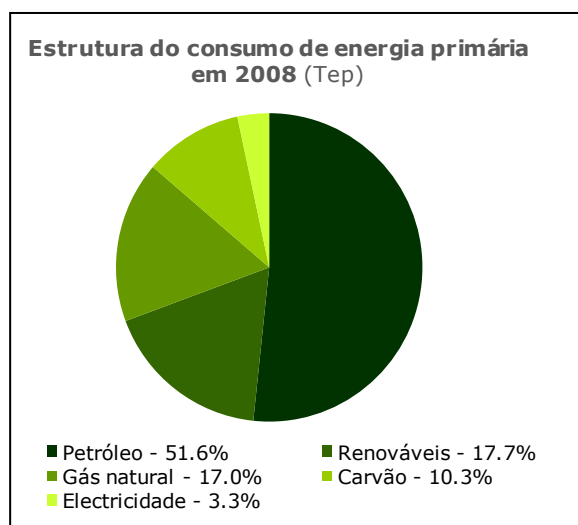


Figura III – Estrutura do consumo de energia primária em 2008. (Fonte: DGGE, 2010)

A factura energética dos combustíveis importados tem vindo a sofrer um crescimento significativo, na medida em que para além de acompanhar o aumento do consumo é dependente de factores exógenos, nomeadamente dos que provocam as variações dos preços das matérias-primas.

O valor das importações de produtos energéticos traduziu um acréscimo de 6.3% de 2007 (8,006 milhões de euros) para 2008 (8,510 milhões de euros), ou seja um aumento de 504 milhões de euros, em que 72.5% corresponde à importação de petróleo (figura IV). (DGGE, 2009)



Figura IV – Estrutura da importação em valor, de produtos energéticos no ano 2008. (DGGE, 2009)

O aumento dos preços das matérias-primas energéticas conjugado com um aumento da procura de energia, tem provocado um desequilíbrio crescente na balança de pagamentos. As importações de petróleo em 1998 representavam 6% das importações totais, tendo este valor em 2008 aumentado para 14.6%. Com uma tal taxa de dependência energética e uma das maiores intensidades energéticas no PIB da EU, Portugal tem pela frente importantes desafios no domínio energético. (DGGE, 2009).

1.2.2. Bioenergia e energias renováveis

A utilização de energias renováveis, em particular a proveniente da biomassa, apresenta um conjunto importante de vantagens de natureza tão diversa como a redução da emissão de gases com efeito de estufa, o aumento da diversidade de oferta de energia, a produção sustentável de energia a longo prazo, a criação de oportunidades de emprego, o desenvolvimento económico local e a diminuição das importações de combustíveis convencionais. Estas vantagens levam a que por todo o mundo e em particular na União Europeia se assista a uma dinâmica de expansão das energias renováveis.

Portugal dispõe de grande potencial no domínio de algumas fontes de energia renováveis, atendendo à localização, características e recursos naturais do seu território. O aproveitamento das fontes de energia hídrica, solar, eólica, geotérmica, das ondas, bem como da biomassa, constitui um desafio prioritário da sua política energética.

A exploração destas fontes para a produção de formas de energia final (electricidade, calor e/ou biocombustível) constitui um importante vector de desenvolvimento do País e vai ao encontro dos objectivos nacionais de reforço da segurança e da diversificação do abastecimento de energia, de protecção ambiental e de coesão social e económica.

Relativamente ao contributo das energias renováveis na produção de energia eléctrica, estas contabilizaram em 2008 15,500 GWh, ou seja, cerca de 34% do total de energia eléctrica produzida. A energia hídrica, embora intensamente dependente das condições climáticas anuais, continua a ser a mais representativa das fontes de energia renovável. Conjuntamente, verificou-se nos últimos anos uma progressão na produção de energia eólica, a qual não tem sido acompanhada pelas demais fontes renováveis. (DGGE, 2009).

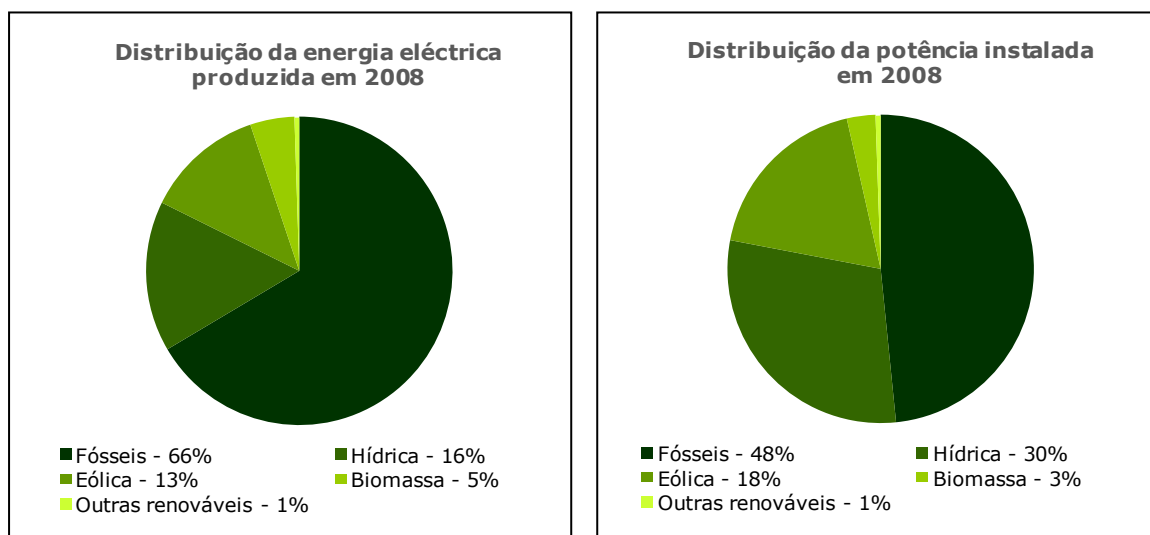


Figura V – Distribuição da energia eléctrica produzida e da potência instalada em 2008. (Fonte: DGGE, 2009)

Neste sentido, tem-se registado nos últimos anos um acréscimo acentuado da potência instalada em fontes de energia renovável. Em 2008 a potência total instalada de renováveis alcançou os 8.5 GW, o que face aos 6.4 GW existentes em 2005 representa um aumento de cerca de 33%. (DGGE, 2009)

No entanto, a potência instalada para cada fonte de energia renovável não traduz de forma linear a quantidade de energia produzida, sendo as condições climatéricas um dos factores com maior impacto nesta relação (figura V).

1.2.3. Metas gerais para a produção de bioenergia

A evolução da produção energética a partir de fontes de energia renovável em Portugal, é fortemente condicionado por dois factores principais:

- Evolução do preço do petróleo;
- Medidas nacionais e comunitárias de política energética e ambiental;

Em ambos os factores, o quadro previsível de evolução aponta para que concorram no sentido do aumento das necessidades em energias renováveis. Embora a incerteza seja a característica indiscutível da evolução do preço do petróleo, diversas fontes assumem como não sendo provável no curto/médio prazo um desagrevamento significativo da situação actual. Mesmo que ele se venha a verificar, a referida incerteza não propicia o ambiente necessário ao crescimento económico pretendido a nível nacional e internacional, pelo que o objectivo de redução da dependência energética desta fonte se mantém como prioritário (MADRP, 2005). Deste modo, o quadro comunitário e nacional, a médio prazo, é de empenhamento no aumento da participação das fontes de energia renovável no consumo energético.

Ao nível comunitário, a fraca expressão das energias renováveis, levou a Comissão Europeia a assumir o compromisso, em 1997, através do Livro Branco sobre energias para o futuro, de duplicar a sua utilização, aumentando para 12% a participação no balanço energético até 2010. Para tal foram assumidas duas áreas estratégicas de actuação: a produção de energia eléctrica e a utilização de biocombustíveis.

No sentido de dar resposta aos objectivos fixados, foi aprovada em Setembro de 2001 uma Directiva (Directiva 2001/77/CE) relativa à produção de electricidade a partir de fontes de energia renováveis. Esta directiva fixa para a união europeia, que até 2010 22.1% de electricidade consumida na união deve ser gerada a partir de fontes renováveis. Para que esta meta Comunitária seja atingida, em Portugal 39,0% da energia eléctrica total consumida em 2010 deve ser produzida a partir de fontes renováveis (MADRP, 2005).

Com o mesmo propósito, foi aprovada uma outra directiva (Directiva 2003/30/CE) relativa à promoção de uma quota de mercado para os biocombustíveis, inicialmente de 2% em 2005, aumentando gradualmente até atingir os 5,75% em 2010, da gasolina e do gasóleo utilizados nos transportes rodoviários (MADRP, 2005).

Neste quadro, a nível da política energética nacional, a Resolução de Conselho de Ministros nº 169/2005, de 24 de Outubro, demonstrou-se empenhada no desenvolvimento de 3 eixos estratégicos:

- I.** Reduzir a dependência energética face ao exterior, aumentando a capacidade de produção endógena;
- II.** Aumentar a eficiência energética e reduzir as emissões de CO₂, com diminuição do peso dos combustíveis fósseis nas fontes primárias de energia;
- III.** Reduzir o custo de energia e aumentar a qualidade do serviço;

A linha de orientação política, de fomento às renováveis aponta para um reforço destas energias, prevendo nomeadamente, a intensificação e diversificação do aproveitamento das fontes renováveis de energia para a produção de electricidade, com especial enfoque na energia eólica e no potencial hídrico ainda por explorar. Na sequência desta linha de orientação, foram desenvolvidas um conjunto de medidas, das quais se destaca:

- O Decreto-lei nº33-A/2005, de 16 de Fevereiro, reviu o cálculo da remuneração da energia produzida em centrais renováveis entregue à rede do Sistema Eléctrico Público e definiu os procedimentos para atribuição de potência disponível na mesma rede e prazos para obtenção da respectiva licença de estabelecimento para centrais renováveis.
- Em Março de 2006, e na sequência do Decreto-lei nº33-A/2005, de 16 de Fevereiro, foi lançado um concurso público para atribuição de potência de ligação à rede do sistema eléctrico Português, relativo a 15 centrais termoeléctricas a biomassa florestal no total de 100 MW, privilegiando áreas prioritárias para a gestão do combustível florestal, onde ainda não existam intenções de investimento.
- No início de 2007, foram aprovadas novas metas para as energias renováveis:
 - A produção de electricidade com base em energias renováveis passa de 39% para 45% do consumo em 2010, com uma aposta forte em todas as vertentes;
 - Os biocombustíveis incorporados nos combustíveis para transportes aumentam de 5,75% dos combustíveis rodoviários para 10% em 2010;
 - 5 a 10% do carvão utilizado nas centrais de Sines e do Pego será substituído por biomassa ou resíduos até 2010.
- Em Dezembro de 2008, o Parlamento Europeu aprovou o pacote clima-energia (Directiva RES). O objectivo da nova legislação é o de que a União Europeia reduza em 20% (ou em 30%, se for possível chegar a um acordo internacional) as emissões de gases de efeito de estufa, eleve para 20% a quota-parte das energias renováveis no consumo de energia e aumente em 20% a eficiência energética até 2020. O pacote fixa também uma meta de 10% de energias renováveis no sector dos transportes, até essa data.

1.3. Biomassa florestal e aproveitamento bioenergético

O aproveitamento dos resíduos florestais está desde sempre ligado à necessidade em madeira para energia, nomeadamente para utilização doméstica. Com o desenvolvimento industrial muitos destes resíduos foram canalizados, desde cedo, para o abastecimento de unidades industriais como fonte de energia.

Pelo seu óbvio interesse para Portugal, dado que 38% da área do território nacional é coberto por floresta, começa-se por identificar no domínio da biomassa, a biomassa florestal propriamente dita, entendida como os materiais lenho-celulósicos obtidos das operações de exploração florestal, incluindo ramos, bicadas, cascas e cepos, assim como os matos de sub-coberto e em áreas de incultos, sem esquecer a madeira sem valor comercial proveniente de áreas percorridas pelos incêndios, e ainda os resíduos e os desperdícios das unidades de transformação da madeira que, na situação actual, não podem ser reciclados ou escoados para transformação ou incorporação em produtos com interesse comercial (ADENE e INETI, 2001).

Sobre o aproveitamento de biomassa florestal para fins energéticos, alguns estudos concluíram que apesar da abundância do recurso a nível nacional, existe dificuldade em conseguir a sua concretização, fundamentalmente por razões sociais, económicas e técnicas. No entanto, é reconhecida a importância deste recurso endógeno para a produção energética. Acresce que a actual política de defesa da floresta contra os incêndios, sustentam o desenvolvimento de um mercado para a biomassa florestal (MADRP, 2005).

1.3.1. Sustentabilidade da exploração da biomassa residual florestal

Os resíduos de exploração florestal, bem como outros componentes orgânicos (matos e manta morta) desempenham diferentes funções que asseguram a sustentabilidade dos povoamentos florestais. Entre os diferentes benefícios, os resíduos de exploração proporcionam com uma maior ou menor intensidade:

- Uma protecção eficaz contra a erosão, preservando não só os solos, mas também a qualidade das águas;
- Durante a sua decomposição devolvem uma parte importante dos nutrientes acumulados pelo povoamento;
- Mantém e incrementam o teor de matéria orgânica e carbono no solo;
- Reduzem a evaporação de água, e os possíveis momentos de stress hídrico;
- Reduzem o risco de compactação do solo;

Embora, o aproveitamento de biomassa florestal residual seja caracterizado por uma remoção de diferentes fracções, cuja intensidade depende directamente do regime de exploração adoptado, importa analisar os potenciais impactos da remoção da biomassa na generalidade dos regimes de exploração. Deste modo, o estudo "*Aprovechamiento de biomassa forestal producida por la cadena monte-industria*" (Infante e Vieiras, 2004), desenvolvido na Galiza em povoamentos de *Eucalyptus globulus* e *Pinus pinaster*, demonstrou em termos gerais:

- Em termos de ciclo de nutrientes, uma maior ou menor estabilidade estava desde logo associada à qualidade da estação, podendo ser considerado uma gestão dos resíduos de exploração ou mesmo, um programa de fertilização em estações mais pobres;
- No caso da *Eucalyptus globulus*, a remoção da madeira supõe uma extracção de 37 a 57% dos nutrientes limitantes (N, P, K, Ca e Mg). Se o aproveitamento da casca fosse considerado, a remoção de nutrientes passaria para 71 a 75%, afectando especialmente os teores de Ca e o Mg. Caso fosse ainda considerado o aproveitamento dos ramos, a extracção de nutrientes atingiria cerca de 90% dos contidos na árvore;

- Em relação ao *Pinus pinaster*, a madeira e a casca representam conjuntamente, cerca de 49 a 60% das quantidades de nutrientes acumuladas pela árvore. Estes valores passariam para 70 a 90% dos nutrientes, quando considerada a extracção dos ramos, afectando de forma especial os níveis de Ca, Mg e K;
- Na avaliação da escorrência e da erosão, utilizaram-se parcelas de *Pinus pinaster* em declives com cerca de 40%, onde foram retirados os ramos, deixando as agulhas e os pequenos ramos. Os dados obtidos demonstraram que o efeito da escorrência e do transporte de sedimentos se acentua nos meses de maior precipitação, embora os efeitos ocorridos não se tenham mostrado significativos;
- Tanto em termos de temperatura como de humidade do horizonte superficial do solo, não se verificaram diferenças acentuadas perante diversas formas de gestão dos resíduos de exploração;
- No que diz respeito à avaliação do rendimento de recolha dos resíduos florestais provenientes da exploração final dos povoamentos, verificou-se que em termos de recolha o grau de aproveitamento alcançado foi de 50 a 60%, estimando-se que a sua optimização poderá alcançar os 70 a 80%;

Por outro lado, a utilização dos resíduos de exploração, bem como a recolha de matos de sub-coberto florestal, estão intimamente ligadas com a redução da carga de combustível e com o respectivo risco de incêndio. Deste modo, a avaliação de utilização dos resíduos deve ser realizada caso a caso, evitando uma generalização das alternativas de gestão.

Ainda neste contexto, salienta-se a heterogeneidade dos territórios sobre ocupação florestal, e os respectivos regimes de protecção que em determinadas regiões lhes estão associados. Neste caso as preocupações de carácter adicional com a manutenção de habitats sensíveis e preservação da biodiversidade, tem um potencial acréscimo nas limitações de algumas práticas de exploração florestal, entre elas a remoção intensiva de diferentes fracções de biomassa.

As Orientações operacionais para a gestão sustentável das florestas nos sítios Natura 2000, concretizam alguns dos indicadores pan-europeus, aprovados na Conferência Ministerial sobre a Protecção das Florestas na Europa (decorrida em Lisboa em 1998), relativas à gestão sustentável e à biodiversidade florestal, dos quais se destacam pela sua relevância (Comissão Europeia, 2004):

- *“Os níveis de exploração da madeira e de outros produtos florestais não devem exceder uma taxa susceptível de ser mantida a longo prazo e deve ser feita uma utilização óptima dos produtos florestais explorados, com devida atenção à transferência de nutrientes;”*
- *“As árvores mortas, de pé ou por terra, as árvores ocas, as matas antigas e as espécies raras e especiais de árvores devem ser deixados em quantidades suficientes e com a distribuição necessária para salvaguardar a diversidade biológica, tendo em conta o efeito potencial na saúde e na estabilidade das florestas e dos ecossistemas circundantes;”*

Desta forma, importa salientar a existência dos diversos regimes de protecção em território nacional (Rede Nacional de áreas Protegidas, Sítios de Interesse Comunitário e Zonas de Protecção Especial - *figura VI*), os quais ainda detêm uma significativa área de ocupação florestal, devendo assim, pela sua elevada especificidade ser devidamente enquadrados do ponto de vista de aproveitamento de biomassa para fins energéticos.

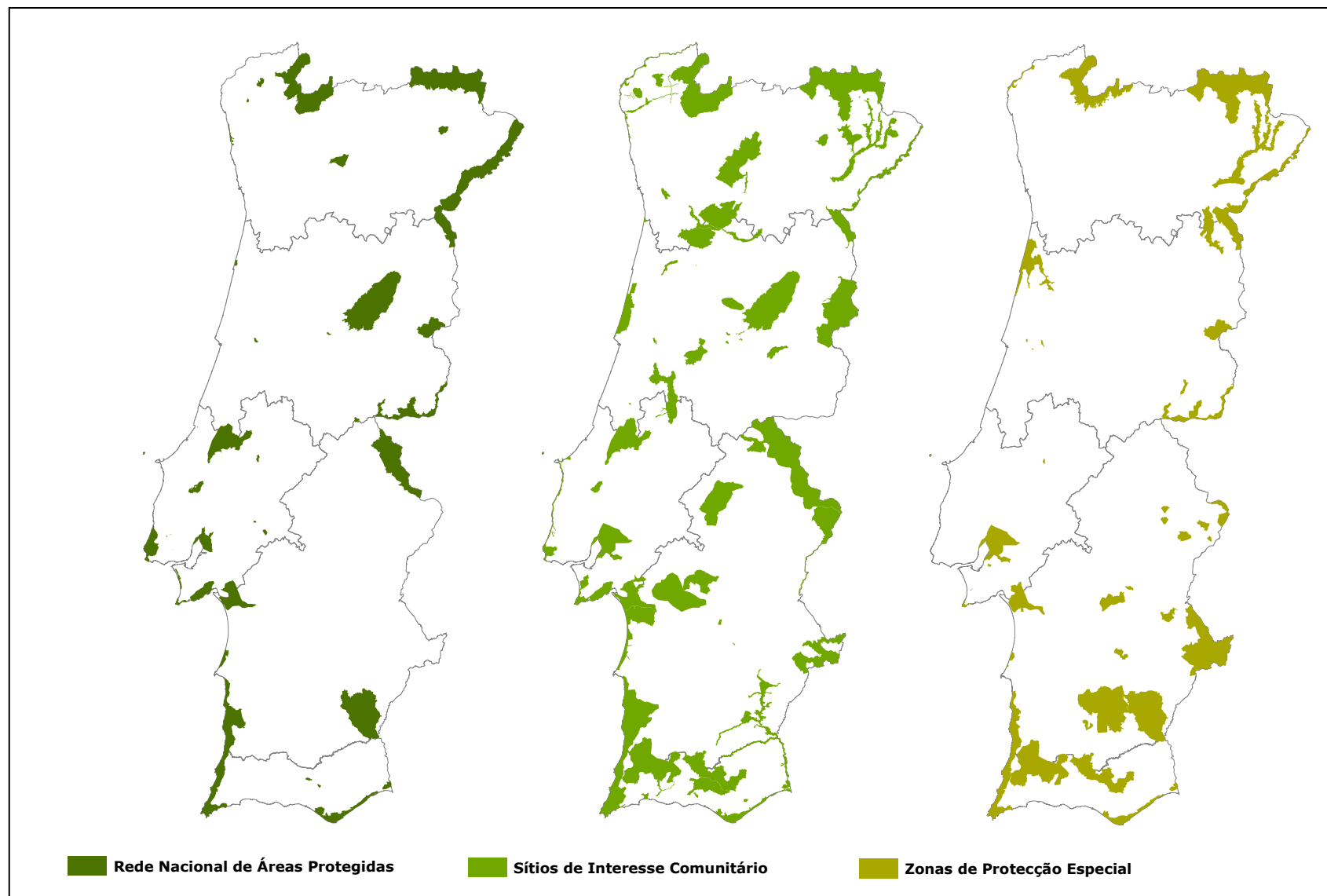


Figura VI – Mapeamento dos principais regimes de protecção existentes em Portugal. (Fonte: ICNB, 2010)

1.3.2. Consumo nacional de biomassa florestal

O mercado da biomassa encontra-se em franco desenvolvimento e espera-se que venha a adquirir relevância nos mercados internacionais a curto prazo. Os aspectos ligados à certificação e ao comércio de emissões serão determinantes nesta evolução, estimulando não só uma procura das tecnologias actuais, bem como fomentando o desenvolvimento tecnológico adequado para garantir a sua sustentabilidade.

Em termos nacionais o consumo de biomassa com fins energéticos tem uma importância relevante, surgindo essencialmente em três formas distintas:

- Produção de energia eléctrica em centrais dedicadas;
- Produção em cogeração de energia térmica e eléctrica, para aproveitamento industrial;
- Produção de *pellets*;

Após os incêndios decorridos no ano de 2003, o incentivo ao aproveitamento de biomassa florestal residual, com o intuito de promover a redução da carga de combustível dos espaços florestais e respectiva redução do risco de incêndio, traduziu-se no lançamento de um concurso público para a implementação de 15 novas centrais de produção dedicada de energia eléctrica. Deste modo, o conjunto das 15 novas centrais, juntamente com as centrais previamente aprovadas, Portugal passaria a contabilizar um total de potência instalada de 250MW.

Por outro lado, a produção em cogeração de energia térmica e eléctrica com base em biomassa residual, foi ao longo dos anos amplamente desenvolvida no sector industrial, sendo a sua maior expressão verificada ao nível das indústrias complementares ao sector florestal, entre elas a indústria de pasta e de papel, a indústria corticeira e de aglomerados.

Nos últimos anos, o desenvolvimento europeu de sistemas de aquecimento doméstico com base em biomassa, bem como a conversão de algumas unidades de combustão europeias para sistemas de co-combustão de biomassa, levaram a um amplo desenvolvimento do mercado de *pellets*, com reflexo directo na procura de biomassa. Em Portugal tal como em outros países europeus, a atractividade do mercado de *pellets* tem levado ao desenvolvimento de diversas unidades de produção deste combustível.

Sendo expectável, que o conjunto dos diversos projectos em desenvolvimento, para a produção directa ou indirecta de energia, venha totalizar no curto e médio prazo uma procura considerável de biomassa, importa quantificar a dimensão desta mesma procura.

Desta forma, assumindo o seguinte conjunto de pressupostos, procurou-se quantificar a intensidade actual e futura desta procura (Quadro IV):

- A análise da procura decorre da consideração da existência de projectos em três estádios de desenvolvimento distintos. Projectos em operação, os quais já contribuem para a procura de biomassa; projectos aprovados para os quais se considerou a entrada em

operação até 2012, e unidades em fase projecto, as quais seriam desenvolvidas até 2015; (Eng.º José Luís Carvalho, comunicação pessoal, 2009)

- Em termos de eficiência de produção eléctrica, considerou-se um rendimento eléctrico médio de 20% para as centrais de produção dedicada, enquanto nas unidades de cogeração este mesmo rendimento eléctrico foi considerado na ordem dos 25%. Em ambos os casos, a disponibilidade de operação anual foi considerada em 330 dias, ou seja, 7,920 horas por ano.
- Nas unidades de produção de pellets considerou-se um consumo de biomassa para produção energética necessária ao processo de produção correspondente a 15% do consumo de material lenhoso em cada unidade. Considerou-se ainda que 40% do consumo de matéria-prima para o processo de produção competia com o mercado de biomassa, tendo-se adicionado este valor aos 15% considerados para o consumo energético processual; (Eng.º José Luís Carvalho, comunicação pessoal, 2009)
- Foram ainda assumidos consumos residuais, tanto por parte de outras unidades indústrias com consumos secundários (cimenteiras e cerâmicas), bem como uma quota residual considerada para exportação; (Eng.º José Luís Carvalho, comunicação pessoal, 2009)
- Do ponto de vista da caracterização energética da biomassa, assumiu-se nos diversos projectos um poder calorífico inferior de 16 GJ por tonelada de biomassa em base seca;

Perante os pressupostos assumidos, o consumo actual de biomassa deve-se situar em cerca de 1.7 milhões de toneladas (base seca), sendo expectável que em 2012 este valor alcance as 2.7 milhões de toneladas (base seca), e que atinja uma estabilidade de procura em 2015 da ordem das 3 milhões de toneladas em base seca, ou seja, cerca de 4.2 milhões de toneladas assumindo um teor de humidade médio de 35% (teor de humidade médio assumido para a biomassa comercializada em Portugal).

Quadro IV – Consumos actuais e previsionais de biomassa em Portugal.

| Consumidores | Número de unidades | Potência estimada (MW) | Estado | Consumo nominal de biomassa | | Consumo de biomassa residual (t.ano ⁻¹ H=0%) | | | |
|--|--------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|----------------------------|---|-----------|-----------|-----------|
| | | | | t.ano ⁻¹ (H=35%) | t.ano ⁻¹ (H=0%) | Actual | 2012 | 2015 | 2020 |
| Centrais dedicadas para produção eléctrica | 7 | 90 | <i>Operação</i> | 1,082,595 | 801,922 | 801,922 | 801,922 | 801,922 | 801,922 |
| | 13 | 90 | <i>Aprovadas</i> | 1,082,595 | 801,922 | - | 801,922 | 801,922 | 801,922 |
| | 4 | 48 | <i>Fase projecto</i> | 577,384 | 427,692 | - | - | 427,692 | 427,692 |
| Centrais de cogeração | 7 | 74 | <i>Operação</i> | 712,107 | 527,487 | 527,487 | 527,487 | 527,487 | 527,487 |
| Unidades de produção de pellets | 5 | - | <i>Operação</i> | 385,000 | 285,185 | 285,185 | 285,185 | 285,185 | 285,185 |
| | 3 | - | <i>Construção</i> | 187,000 | 138,519 | - | 138,519 | 138,519 | 138,519 |
| Cimenteiras | 2 | - | <i>Operação</i> | 35,000 | 25,926 | 25,926 | 25,926 | 25,926 | 25,926 |
| Exportação | - | - | | 50,000 | 37,037 | 37,037 | 37,037 | 37,037 | 37,037 |
| Outros projectos | - | - | <i>Operação</i> | 50,000 | 37,037 | 37,037 | 37,037 | 37,037 | 37,037 |
| Total | | | | 4,161,682 | 3,082,727 | 1,714,594 | 2,655,035 | 3,082,727 | 3,082,727 |

2. Metodologias

A metodologia adoptada para a estimaco da disponibilidade anual de resíduos florestais passíveis de um aproveitamento bioenergético incluiu a concertaco de diferentes processos de quantificaco. Utilizaram-se diversos modelos de silvicultura característicos das espécies consideradas, os quais permitiram simular numa escala temporal e espacial, a potencial contribuico do sector para satisfazer a procura de biomassa actualmente existente.

Esta quantificaco incide sobre sete das espécies florestais existentes em território nacional, sendo que a sua expressividade representa cerca de 90% da área florestal registada no Inventário Florestal Nacional 2005-2006.

A metodologia adoptada teve um carácter distinto, para as espécies consideradas principais e para as consideradas espécies secundárias, para a potencial produco de biomassa com fins energéticos. Esta divisão considera como espécies principais o Pinheiro bravo e o Eucalpto, distinguindo-se das demais, pela sua elevada representatividade em território nacional, e pelo um maior ajustamento dos seus métodos de exploraco tradicional, para o fornecimento de biomassa com potencial valorizaco energética.

As espécies secundárias consideradas, o Sobreiro, a Azinheira, os Carvalhos, o Castanheiro e o Pinheiro manso, no seu conjunto representam ainda um potencial interessante de produco de biomassa, no entanto a sua menor área de ocupaco, bem como o carácter geral dos modelos de produco adoptados, face ao diminuto número de parcelas de inventário, levou a que apenas fosse possível modelar espacialmente a biomassa potencialmente produzida, tendo a disponibilidade numa escala temporal, sido considerada como a média de resíduos gerados ao longo da revoluco de cada uma das espécies.

2.1. Determinaco de áreas florestais

O objectivo de quantificar a potencial produco de biomassa proveniente da exploraco de diferentes espécies florestais, considerou a definicão de dois cenários distintos:

- Cenário I – em que se consideraram a totalidade das áreas florestais existentes como potencialmente exploráveis, tanto para produtos principais como para o aproveitamento da biomassa residual proveniente das operao de exploraco;
- Cenário II – em que se exclui por questões de sustentabilidade a exploraco das áreas florestais, que se encontrem sobre um dos seguintes regimes de proteco (Figura IV):
 - Rede Nacional de áreas protegidas;
 - Sítios de Interesse Comunitário;
 - Zonas de Proteco Especial;

A par da definição dos dois cenários acima descritos, foram estabelecidas para cada cenário, as regiões de análise correspondentes à Nut I (Território Nacional Continental) e ao conjunto das Nut II localizadas em território continental (Norte, Centro, Lvt, Alentejo e Algarve), possibilitando deste modo uma análise da contribuição de cada região e da sua respectiva ocupação florestal para a disponibilização de biomassa florestal residual. Assim, perante este conjunto de diferentes regiões, tornou-se necessário re-determinar as áreas de inventário correspondentes à ocupação de cada uma das espécies florestais, para a sua subsequente modelação.

O IFN (Inventário Florestal Nacional) 2005-2006, utilizado como base para o desenvolvimento desta quantificação, comporta dois níveis de informação (Tomé *et al.*, 2010):

- Informação obtida a partir de fotografia aérea digital (fotopontos), utilizada na avaliação das áreas dos diversos tipos de povoamentos;
- Informação recolhida no campo (parcelas), a qual foi utilizada para a caracterização dos diversos tipos de povoamentos e para a avaliação da área a associar às árvores dispersas noutros estratos florestais.

A análise da fotografia aérea digital permitiu uma fotointerpretação de 355,737 pontos (grelha regular com uma distância entre pontos igual a 500m), os quais foram identificados e caracterizados de acordo com a ocupação do solo, e a ocupação florestal ao nível das espécies principais e secundárias, possibilitando assim a definição de áreas de povoamentos puros, dominantes e dominados (Tomé *et al.*, 2010).

A informação recolhida no campo permitiu a classificação de 12,258 parcelas, cuja distribuição por tipo de ocupação do solo e por usos do solo florestal, bem como por outras formações lenhosas por espécie e tipo de parcela, se encontram reflectidas nos quadros seguintes.

Quadro V - Distribuição das 12258 parcelas que foram visitadas no campo pelos diferentes tipos de ocupação do solo. (Tomé, et al., 2007).

| Uso do solo | Número de parcelas |
|-------------------------------------|--------------------|
| Floresta | 6897 |
| Matos | 2121 |
| Agricultura | 954 |
| Outros usos | 285 |
| Águas interiores | 87 |
| <u>Inacessíveis e acesso negado</u> | <u>1914</u> |

Quadro VI - Distribuição das parcelas que corresponderam aos usos do solo florestal e outras formações lenhosas por espécie principal e tipo de parcela (Tomé, et al., 2007).

| Espécie principal | Número de parcelas | | | | | | Total |
|--------------------|--------------------|------------|------------|----------------------------|------------|---------------------------|--------------|
| | Povoamento | Fogo | Corte | Bosquetes de outra espécie | Clareiras | Outras formações lenhosas | |
| Pinheiro bravo | 1,593 | 242 | 54 | 66 | 141 | 74 | 2,170 |
| Eucalipto | 1,351 | 112 | 42 | 12 | 74 | 23 | 1,614 |
| Sobreiro | 1,058 | 25 | 2 | 18 | 104 | 78 | 1,285 |
| Azinheira | 689 | 4 | - | 5 | 106 | 173 | 977 |
| Carvalhos | 206 | 12 | - | 74 | 34 | 33 | 359 |
| Pinheiro manso | 185 | 2 | 3 | 11 | 17 | 10 | 228 |
| Castanheiro | 38 | 1 | - | 4 | 1 | 1 | 45 |
| Acácia | 29 | 1 | - | 8 | 3 | 1 | 42 |
| Folhosas diversas | 34 | - | - | 8 | 3 | 8 | 53 |
| Resinosas diversas | 57 | 4 | 1 | 3 | 9 | 4 | 78 |
| Total | 5,267 | 410 | 102 | 210 | 492 | 416 | 6,897 |

Perante o conjunto de cenários e respectivas regiões definidas, determinou-se através da utilização do *Arcgis 9.2*, o conjunto de novas regiões de análise. Esta determinação teve por base a união das três *shapefiles* que caracterizam os diferentes regimes de protecção (Rede Nacional de Áreas Protegidas, Sítios de Interesse Comunitário e Zonas de Protecção Especial) disponibilizados pelo ICNB (Instituto de Conservação da Natureza e Biodiversidade), e a sua posterior intercepção com as *shapefiles* referentes às diferentes Nut consideradas (informação disponibilizada pelo Instituto Geográfico Português).

Após a determinação das regiões de análise, procedeu-se à intercepção dos fotopontos e posteriormente das parcelas de inventário, utilizando o sistema de coordenadas *Hayford-Gauss-Militar* (também designado por Sistema Militar português), projecção de *Gauss-Kruger*, elipsóide *Hayford* internacional, *datum* de Lisboa, Castelo de São Jorge.

Desta forma determinou-se para cada região a proporção de fotopontos afectos a cada espécie, e a sua respectiva área. O mesmo critério foi seguido de forma a caracterizar cada tipo de povoamento florestal em cada uma das regiões, possibilitando a posterior modelação das suas respectivas variáveis, para a determinação do potencial de produção de biomassa florestal residual.

2.2. Quantificação da biomassa florestal proveniente dos resíduos de exploração das espécies principais

A quantificação de biomassa proveniente do aproveitamento dos resíduos de exploração das espécies principais, teve por base a construção de tabelas de produção ajustadas aos modelos silvícolas característicos de cada espécie, e ao qual se fez corresponder as áreas de ocupação determinadas pela análise dos fotopontos e das parcelas, descrita no ponto 2.1.

Os modelos de produção característicos do pinheiro bravo e do eucalipto, ajustam-se a uma exploração padronizada, o que permitiu assumir um conjunto de operações durante a revolução de cada espécie, em que a produção de resíduos é quantificada ao longo do tempo.

Deste modo, a construção das tabelas de produção ajustadas a cada uma das espécies, permitiu uma posterior simulação temporal dos resíduos de exploração, tendo por base a situação presente, a qual foi definida com base nas variáveis de povoamento de cada espécie, provenientes das parcelas de inventário respectivas.

2.2.1. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Eucalipto

A quantificação dos resíduos de exploração dos povoamentos de eucalipto, considerou três etapas complementares. A primeira etapa correspondeu à determinação das áreas afectas a cada região em análise e previamente descrita no ponto 2.1.

Em seguida procedeu-se à construção da tabela de produção para povoamentos considerados regulares, não industriais e irregulares, tendo-se utilizado o modelo de crescimento Glóbulus3.0.

Por fim utilizou-se esta tabela de produção, a qual caracteriza o povoamento, conjuntamente com um determinado conjunto de cenários, de forma a simular a produtividade de resíduos ao longo do tempo.

2.2.1.1. Modelo de produção Glóbulus 3.0

A concepção do modelo Glóbulus 3.0 associa a cada povoamento, existente numa dada região, um conjunto de variáveis climáticas que expressam as diferenças no seu crescimento, sejam elas:

- Altimetria;
- Dias de geada;
- Temperatura média do ar;
- Precipitação total;
- Dias de precipitação com valores superiores a 0.1mm;

Este modelo caracteriza-se por ser um modelo de povoamento, que considera as seguintes variáveis de estado: altura dominante, área basal, volume total sem casca, volume da casca e volume mercantil para limites de despona entre os 5 e 10cm (com e sem casca), número de árvores por hectare, número de varas por hectare após a monda e a biomassa total e por componentes (Tomé, et al., 2006).

Perante o objectivo de construir uma tabela de produção característica de cada uma das regiões em análise, determinaram-se as variáveis climáticas médias de cada região, através da intercepção da grelha georreferenciada das variáveis climáticas (disponibilizada no próprio modelo), com as regiões em análise, definidas no ponto 2.1.

O modelo de produção foi projectado com base no índice médio de qualidade da estação e o número de árvores existentes por hectare em cada região, o qual foi sendo ajustado de forma a obter um volume total dado pelo modelo, igual ao volume total observado nas parcelas dos povoamentos regulares.

No caso dos povoamentos não industriais, ou seja, aqueles cuja idade é superior a 12 anos, procedeu-se ao mesmo ajuste de forma a garantir que o volume projectado era uma vez mais correspondente ao volume existente nas parcelas observadas.

Os povoamentos irregulares, caracterizam-se por uma heterogeneidade da sua idade, o que impossibilita a utilização desta variável. Deste modo, a modelação de crescimento destes povoamentos residiu apenas no ajustamento do número de árvores existentes, de forma a obter uma vez mais a correspondência entre o volume projectado pelo modelo e o volume verificado nas parcelas de inventário.

2.2.1.2. Simulação simYT

O simYT (Tomé *et al.*, 2010) permite a simulação temporal de um determinado povoamento florestal numa escala temporal definida. Este simulador é estabelecido com base numa tabela de produção, neste caso, desenvolvida através do modelo Glóbulus 3.0., considerando uma classe de qualidade média característica do povoamento numa dada região.

A utilização deste simulador envolve um determinado conjunto de *inputs*:

- Tabela de produção média (desenvolvida no ponto 2.2.1.1) – contém as estimativas das variáveis mais importantes do povoamento para cada uma das idades, consideradas abaixo da idade média de corte pela indústria (povoamentos regulares). Contém ainda três outros tipos de existências e respectivas variáveis: povoamentos não industriais, cuja idade é superior à definida como idade média de corte pela indústria; povoamentos irregulares, em que se verificam idades diferentes dentro do mesmo povoamento; bosquetes e clareiras existentes em áreas de outras ocupações florestais;
- Estimativas de áreas de cada tipo de existências (povoamentos regulares, não industriais, irregulares, clareiras e bosquetes);
- Cenários – descrevem os valores das variáveis que conduzem o comportamento do povoamento ao longo do período de simulação, entre eles, o valor da procura de volume de lenho principal, da área ardida, da área de novas plantações e da percentagem de área que é abandonada a seguir ao corte final.

- Parâmetros de simulação – que incluem uma série de parâmetros utilizados na simulação, tais como o ano de início de simulação, o período de simulação, a idade mínima de corte, entre outros (Tomé *et al.*, 2010);

A estimativa das áreas referentes a cada tipo de existências, são resultado da interacção dos cálculos realizados no ponto 2.1, com a análise do número de parcelas em cada classe de idade e em cada região. As áreas dos povoamentos regulares correspondentes a cada classe de idade são resultado da soma ponderada pelo volume existente em cada uma dessas classes, das áreas de povoamentos dominados e dominantes, face ao volume existente em cada classe de idade nos povoamentos puros.

Perante a evolução dos volumes de corte verificados desde 1990 (Quadro II), a construção dos cenários de simulação levou à definição de dois sub-cenários para cada região em análise. Um primeiro contempla o volume de corte com casca do ano de referência (2007), mantendo-o constante ao longo do período de simulação, o segundo corresponde a uma procura variável, ou seja, a partir do ano de referência foi aplicada a taxa de variação média anual igual à verificada entre o período 1990 a 2007.

No entanto, estando os dados referentes aos volumes de procura agregados ao nível nacional, verificou-se a necessidade de estabelecer um critério de desagregação para as diferentes unidades espaciais em análise. Deste modo, a metodologia seguida correspondeu a uma distribuição percentual do volume de corte em função do volume existente em cada uma dessas unidades espaciais.

Outra das variáveis referência de cada cenário corresponde à área ardida, para cada espécie e em cada região. Deste modo, por existirem dados georreferenciados para os anos de 2007 e 2008 (*Shapefile* disponibilizada pela Autoridade Florestal Nacional), determinou-se a área ardida de cada espécie, através da intercepção dos polígonos das áreas ardidas com os fotopontos do Inventário. Nos anos subsequentes da referida simulação, utilizou-se o valor de 100,000 hectares de área ardida por ano, objectivo proposto no Plano Nacional da Defesa da Floresta Contra Incêndios para 2012 (Resolução do Conselho de Ministros nº 65/2006 de 26 de Maio), o qual foi distribuído pelo tipo de ocupação do solo e ocupação florestal em cada uma das regiões em análise, considerando-se o valor da área ardida, constante ao longo do restante período de simulação.

Em termos de novas plantações, os valores considerados corresponderam à média anual do histórico verificado entre os anos 1990 e 2000 (Quadro III).

No que se refere aos parâmetros de simulação utilizados no caso do eucalipto, os mesmos encontram-se resumidos no quadro seguinte.

Quadro VII – Parâmetros de simulação utilizados no caso do eucalipto.

| | |
|---|--------------------------|
| Idade base da simulação Número de anos da projecção | 2007 25 |
| <i>Acréscimo anual</i> ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) | |
| Povoamentos não industriais Povoamentos irregulares | 4 4 |
| Porção de salvados utilizado pela indústria a seguir a um incêndio Porção de povoamentos não industriais que pode ser cortada Porção de povoamentos irregulares que pode ser cortada Porção de mortalidade na transição da rotação | 0.6 0.1 0.1 0.2 |
| <i>Povoamentos regulares</i> | |
| Idade mínima de corte Idade mínima para utilização industrial a seguir a um incêndio Idade normal para corte industrial | 8 5 12 |

Os *outputs* obtidos através deste simulador, permitiram determinar, nas diferentes escalas espaciais consideradas e no decorrer do período de simulação, a evolução da área de ocupação da espécie, a evolução da área cortada, variação do volume cortado (sem casca) e a produção de biomassa proveniente da fracção residual, detalhada nas seguintes componentes:

- Biomassa total (wrest);
- Biomassa proveniente da casca (wbres);
- Biomassa proveniente dos ramos (wbrres);
- Biomassa proveniente do material ardido sem aproveitamento industrial (wwres);
- Biomassa proveniente das bicadas (wtop);
- Biomassa proveniente das folhas (wlres);
- Biomassa proveniente das raízes (wrres);

Sendo que, a biomassa proveniente da fracção correspondente às raízes sobrestima a fracção potencialmente utilizada, a qual na realidade corresponde à utilização dos cepos no final da terceira rotação, determinou-se uma nova fracção designada por biomassa de cepos (wcres), através do produto da biomassa das raízes por um coeficiente de rotação (33%) e por um coeficiente que traduz a proporção de cepos no total da biomassa das raízes (30%) (Tomé, *et al.*, 2010).

Os resultados obtidos referentes à produção de biomassa foram expressos em base seca, uma vez que toda o processo metodológico adoptado assim o considera.

2.2.2. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Pinheiro bravo

A quantificação dos resíduos de exploração dos povoamentos de pinheiro bravo, considerou, tal como no caso do eucalipto (ponto 2.2.1) três etapas complementares. A primeira etapa correspondeu uma vez mais à determinação das áreas afectas a cada região em análise e previamente descrita no ponto 2.1.

Em seguida procedeu-se à construção da tabela de produção para povoamentos considerados regulares, não industriais e irregulares, tendo-se utilizado o modelo de crescimento Pbravo.

Por fim recorreu-se ao simYT de forma a prever o comportamento dos povoamentos de pinheiro bravo na escala temporal assumida para simulação em cada região sob cada cenário.

2.2.2.1. Modelo de produção Pbravo

O Pbravo é um modelo de crescimento e de produção para povoamentos de pinheiro bravo. Sendo um modelo de povoamento, utiliza na sua base as variáveis de povoamento.

Para a construção da tabela de produção foi utilizada a versão DOS do modelo. Tendo em conta o regime tradicional de exploração dos povoamentos de pinheiro bravo, assumiu-se que as existências, para a mesma classe de idade eram povoamentos desbastados e não desbastados. O objectivo foi então correr o Pbravo de modo a obter valores de volume antes e pós desbaste cuja média acompanha-se o melhor possível os valores das médias de volume por classe de idade verificadas nas parcelas do inventário. Este objectivo foi atingido através de várias tentativas usando diferentes valores de área basal residual no ano de desbaste (realizado de 10 em 10 anos, sendo o primeiro obrigatoriamente aos 15 anos).

Para se obter valores de volume sem casca o modelo Pbravo foi de novo projectado com a opção inicial de obtenção de valores de volume sem casca, no entanto, utilizando o mesmo valor de área basal residual no ano do desbaste.

No caso dos povoamentos não industriais, assumiu-se para o pinheiro bravo uma idade superior aos 70 anos, procedendo-se à sua projecção através da proporção do volume médio dos povoamentos não industriais, sobre o volume correspondente à idade máxima dos povoamentos regulares ($t = 69$). O acréscimo corrente foi também calculado com essa proporção relativamente ao acréscimo verificado entre $t = 68$ e $t = 69$ anos.

Em termos dos povoamentos irregulares, o ajuste foi realizado igualando o volume dos povoamentos irregulares, ao volume correspondente de uma determinada classe de idade dos povoamentos regulares, utilizando-se assim as variáveis associadas a este valor.

2.2.2.2. Simulação simYT

A simulação temporal dos resíduos de exploração provenientes do pinheiro bravo, seguiu os principais pontos da metodologia descrita para os resíduos de Eucalipto (ponto 2.2.1.2). Neste caso a tabela de produção foi desenvolvida através do modelo Pbravo, tendo-se considerado uma classe de qualidade média a nível nacional, sendo apenas ajustada ao nível de cada região em termos das variáveis referentes aos povoamentos não industriais e irregulares.

No que se refere aos parâmetros de simulação utilizados, os mesmos encontram-se resumidos no quadro abaixo.

Quadro VIII – Parâmetros de simulação utilizados no caso do eucalipto.

| | |
|--|-------------------|
| Idade base da simulação Número de anos da projecção | 2007 25 |
| <i>Acréscimo anual</i> ($m^3 ha^{-1} ano^{-1}$) | |
| Povoamentos não industriais Povoamentos irregulares | 4 4 |
| Porção de salvados utilizado pela indústria a seguir a um incêndio Porção de povoamentos não industriais que pode ser cortada Porção de povoamentos irregulares que pode ser cortada | 0.9 0.1 0.1 |
| <i>Povoamentos regulares</i> | |
| Idade mínima de corte Idade mínima para utilização industrial a seguir a um incêndio Idade normal para corte industrial | 30 25 45 |

Os *outputs* obtidos através deste simulador, permitiram uma vez mais, determinar nas diferentes escalas espaciais consideradas e no decorrer do período de simulação, a evolução da área de ocupação da espécie, a evolução da área cortada, variação do volume cortado (sem casca) e a produção de biomassa proveniente da fracção residual, detalhada nas seguintes componentes:

- Biomassa total (wrest);
- Biomassa proveniente da casca (wbres);

- Biomassa proveniente dos ramos (wbrres);
- Biomassa proveniente do material ardido sem aproveitamento industrial (wwres);
- Biomassa proveniente das bicadas (wtop);
- Biomassa proveniente das folhas (wlres);

O facto de a biomassa proveniente de cepos não seja normalmente utilizada no caso do pinheiro bravo, levou a que esta fracção de biomassa não fosse considerada, ao invés do verificado no caso do eucalipto.

Uma vez mais, os resultados obtidos referentes à produção de biomassa foram expressos em base seca, uma vez que toda o processo metodológico adoptado assim o considerou.

2.3. Quantificação da biomassa florestal proveniente dos resíduos de exploração das espécies secundárias

A quantificação da biomassa proveniente dos resíduos de exploração das espécies secundárias, teve por base a construção de tabelas de produção ajustadas aos modelos silvícolas característico de cada espécie, e ao qual se fez corresponder as áreas de ocupação determinadas pela análise dos fotopontos e das parcelas, descrito no ponto 2.1.

Uma vez que as tabelas de produção adoptadas para estas espécies são características de povoamentos puros, a consideração de áreas referentes a povoamentos dominantes e dominados, levou à adopção de dois coeficientes de ajuste de produção, tendo-se assim considerado, que os povoamentos dominantes e dominados produziam respectivamente, 0.6 e 0.3 de um povoamento puro equivalente.

A quantificação destas espécies, não permitiu uma simulação temporal da potencial produção de resíduos de exploração, devido à insuficiência representatividade destas espécies em determinadas regiões ou por desajustamento dos modelos silvícolas utilizados ao simulador SimYT.

Assim a quantificação que daqui advém caracteriza o potencial médio de produção de resíduos, considerando-se que a disponibilidade anual dos mesmos pressupõe uma distribuição homogénea dos povoamentos de cada espécie pela classe de idade considerada no modelo silvícola adoptado.

Uma vez mais, a biomassa aqui considerada é apresentada em base seca, devido à metodologia utilizada para o desenvolvimento de cada modelo de produção.

2.3.1. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Sobreiro

A tabela de produção para o sobreiro foi elaborada com o modelo SUBER (Tomé 2005b), disponível no GIMREF (Grupo de Inventariação e Modelação de Recursos Florestais do DEF/ISA). A estrutura do modelo e as equações que utiliza, estão disponíveis em várias publicações (Tomé, 2004; Tomé, 2005a; Paulo e Tomé, 2006; Tomé *et al.*, 2006a).

O conjunto de parcelas disponíveis em cada unidade espacial de análise, foi utilizado para seleccionar a percentagem de coberto a utilizar, a qual se estabeleceu em 30%.

Optou-se por utilizar um índice de qualidade da estação de 12 m aos 80 anos, considerando assim uma estação de produtividade média (Tomé, 2004). A tabela de produção obtida com o modelo SUBER foi complementada com as equações desenvolvidas por Páscoa e Silva (1986) para estimar a biomassa retirada em podas:

$$w_{rama} = 0.01308 \ c^{1.6222} \ nbru^{0.38} \quad w_{rama} \text{ (kg); } c \text{ (cm)}$$

$$w_{lenha} = 0.00171 \ (c^2 \ nbru)^{1.6222} \quad w_{lenha} \text{ (kg); } c \text{ (cm),}$$

onde w_{lenha} e w_{rama} são as biomassas de lenha e rama, respectivamente, retiradas nas podas, c é o perímetro à altura do peito e $nbru$ é o número de pernadas descortiçadas. Embora não se tenham considerado podas no montado, estas equações foram utilizadas para estimar a biomassa proveniente das podas de formação realizadas 9 anos antes e 3 anos depois da desbóia. Na aplicação destas equações considerou-se $nbru=2.5$.

A estimativa da produtividade média do sobreiro para a produção de resíduos teve por base os seguintes pressupostos:

- Uma idade de corte aos 113 anos (para coincidir com um ano de extracção da cortiça);
- Desbastes de 9 em 9 anos a partir dos 15 anos, dos quais se contabilizam os ramos, as folhas, as bicadas, a casca e os materiais provenientes das podas de formação, como biomassa passível de aproveitamento.
- As fracções lenho e copa, provenientes do povoamento principal, no final da revolução, foram ainda contabilizadas como biomassa com potencial aproveitamento;
- A não existência de informação sobre a produção de biomassa de raízes levou a que esta fracção não fosse contabilizada;

2.3.2. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Azinheira

Devido à falta de dados, a quantificação da biomassa disponível na área dos povoamentos de azinheira foi feita utilizando a mesma metodologia utilizada para o montado de sobreiro.

2.3.3. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de outros Carvalhos

A tabela de produção para povoamentos de outros carvalhos foi elaborada com as equações apresentadas por Carvalho (2000). Dado o pequeno número de parcelas disponíveis para a espécie optou-se por utilizar um índice de qualidade da estação de 13 m aos 40 anos, considerada uma estação de produtividade média por esta autora. Para definir o regime de desbastes ajustou-se às sequências definidas pela autora para uma "silvicultura média" a seguinte equação:

$$N_2 = N_1 e^{-2.6373 + 0.0367 Si - 0.0899 G + 0.0136 hdom + 3.9038 \frac{td1}{td2}} \quad Si \text{ (m)}; G(m^2ha^{-1}); hdom \text{ (m)},$$

onde N_2 e N_1 são os números de árvores após desbaste às idades ao nível do diâmetro à altura do peito td_2 e td_1 , Si é o índice de qualidade da estação, G é a área basal residual pretendida e $hdom$ é a altura dominante.

A estimativa da produtividade local dos povoamentos de outros carvalhos, para a produção de resíduos para aproveitamento energético baseou-se nos seguintes pressupostos:

- Um termo de explorabilidade aos 70 anos;
- Desbastes de 5 em 5 anos a partir dos 25 anos;
- Foram consideradas fracções com potencial aproveitamento energético, o lenho secundário, os ramos e bicadas (copa) provenientes de desbaste (povoamento secundário) e a quando o fim da revolução (povoamento principal);
- Sendo o carvalho uma folhosa de folha caduca não se consideraram as folhas. Não havendo informação sobre a casca e a biomassa das raízes, estas também não foram consideradas;

2.3.4. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Pinheiro manso

A tabela de produção para o pinheiro manso foi elaborada com as equações apresentadas por Monteiro (1973), as quais foram complementadas com:

1. Equações de biomassa provisórias (Alexandra Correia, comunicação pessoal):

Tronco: $ws = 0.0311 d^{2.5957}$ ws (kg); d (diâmetro, cm)

Casca: $wb = 0.1053 d^{1.7487}$ wb (kg); d (diâmetro, cm)

Ramos: $wbr = 0.10237 d^{2.5721}$ wbr (kg); d (diâmetro, cm)

Folhas: $wl = 0.1048 d^{1.6671}$ wl (kg); d (diâmetro, cm)

2. Algumas equações desenvolvidas para o pinheiro bravo:

- Equação para a predição das desramações
- Equação para a predição da biomassa de raízes

Dado o pequeno número de parcelas disponíveis para a espécie em cada Nut, não foi possível calibrar a tabela de produção para uma densidade praticada na região. Optou-se então por elaborar a tabela de produção fixando o valor do índice de qualidade da estação igual ao valor médio observado nas parcelas de inventário e considerando uma densidade de acordo com o modelo de silvicultura II de Monteiro (1973), no qual a densidade é controlada de acordo com o factor de Wilson.

A estimativa da produtividade local do pinheiro manso para a produção de resíduos para produção de energia baseou-se nos seguintes pressupostos:

- Uma revolução de 100 anos;
- Desbastes de 10 em 10 anos, a partir dos 20 anos;
- Toda a madeira com diâmetro superior a 6 cm é utilizada para madeira;
- São consideradas fracções com potencial aproveitamento energético, os ramos, o material de duas desramações, as folhas, as bicadas e a casca, bem como a biomassa das raízes correspondentes à "coroa" da raiz (estimada em 30% da sua biomassa), tanto provenientes do povoamento secundário como do final da revolução (povoamento principal);

2.3.5. Quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Castanheiro

A tabela de produção para o castanheiro foi elaborada com as equações apresentadas em Patrício (2006). Dado o pequeno número de parcelas disponíveis para a espécie optou-se por utilizar um índice de qualidade da estação de 20 m aos 50 anos, considerada uma estação de produtividade média na referida publicação, assim como o regime de desbaste para produção de madeira de qualidade igualmente proposto.

A estimativa da produtividade local do castanheiro para a produção de resíduos para produção de energia baseou-se nos seguintes pressupostos:

- Uma idade de corte aos 60 anos;
- Desbastes de 5 em 5 anos a partir dos 15 anos;
- Toda a madeira com diâmetro superior a 6 cm é utilizada para madeira;
- São contabilizadas como biomassa com potencial aproveitamento energético, as fracções correspondentes aos ramos, bicadas e casca de provenientes de desbastes (povoamento secundário) e do final da revolução do povoamento principal;
- Sendo o castanheiro uma folhosa de folha caduca não se consideraram as folhas. Não havendo informação disponível para a biomassa das raízes, estas não foram consideradas;

3. Discussão de resultados

A quantificação da biomassa residual proveniente das diferentes espécies florestais, resultou da conjugação de um conjunto diverso de metodologias características de cada espécie.

Em cada um dos casos analisado a metodologia utilizada teve em comum a determinação das áreas florestais afectas a cada espécie, por unidade espacial em análise.

Considerando o elevado nível de encadeamento das metodologias aplicadas, bem como o elevado detalhe dos dados obtidos, a demonstração dos resultados foi efectuada ao nível da produção de biomassa por unidade espacial considerada, a qual foi confrontada com as principais variáveis obtidas em processos intermédios.

As unidades espaciais utilizadas nesta análise confrontaram dois cenários distintos, cuja diferença decorre da quantificação na globalidade das unidades espaciais e nas mesmas unidades excluído as áreas sobre regime de protecção.

Em todas as análises efectuadas, a exclusão das áreas afectas a regimes de protecção, levou a uma diminuição diferenciada da área florestal por unidade espacial de análise, sendo que esta diminuição resultou de uma maior ou menor ocupação de cada espécie florestal em cada área protegida e em cada unidade de análise.

3.1. Análise da quantificação de biomassa proveniente dos resíduos de exploração das espécies principais

A quantificação de biomassa correspondente aos resíduos de exploração das espécies principais, distinguiu-se das demais espécies, por comportar uma simulação da evolução temporal da disponibilidade de biomassa.

O maior detalhe da metodologia adoptada para estas espécies levou à afectação das áreas determinadas através dos fotopontos, por novas áreas definidas de acordo com a tipologia do povoamento de cada espécie (povoamentos regulares, irregulares, não industriais e bosquetes ou clareiras), permitindo assim a sua posterior simulação temporal.

A simulação utilizada permitiu ainda a análise de dois cenários distintos, os quais se caracterizam por diferentes evoluções de volumes de corte de lenho principal ao longo do período de simulação.

3.1.1. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de eucalipto

O regime de exploração adoptado nos povoamentos de eucalipto considera geralmente, um conjunto de 3 rotações, com uma idade de corte em cada rotação de 12 anos. Desta forma, o elevado número de parcelas disponíveis em território nacional (quadro VI) associado a um conjunto de apenas doze classes de idade nos povoamentos regulares, permitiu obter um número suficiente de parcelas para a construção, com uma base suficientemente alargada, de 12 tabelas de produção, uma por cada unidade espacial em análise (Nut I, Nut II, Nut I e Nut II excluído regimes de protecção).

A cada tabela de produção correspondeu conjunto de dois cenários (procura de volume constante e procura de volume variável), os quais conjuntamente com os parâmetros de simulação definiram o comportamento do povoamento ao longo do tempo.

Uma vez que o volume de procura, independentemente do cenário considerado (procura de volume constante ou variável) se considerou constante num determinado ano para as unidades espaciais de análise (com e sem exclusão de regimes de protecção), verificou-se que nos casos em que as áreas de protecção eram excluídas, consequentemente a área de povoamento de eucalipto era inferior, conduzindo assim a um esforço de corte superior de forma a garantir a satisfação da mesma procura.

O esforço de corte de uma determinada região reflecte-se tanto ao nível do volume cortado de uma dada espécie, bem como da sua área cortada e respectiva evolução da área de existências. Na figura VII é possível verificar que para a mesma unidade espacial, a área de corte é tendencialmente antecipada nas situações em que o rácio volume de procura por área de existências é superior. Esta situação não se tornou mais notória devido às restrições impostas pelos parâmetros de simulação, entre eles a idade mínima de corte de cada tipo de povoamento.

As áreas equivalentes de existências, ainda reflectidas na figura VII, traduzem as áreas ajustadas em função dos diversos tipos de povoamentos, ou seja, no caso dos povoamentos regulares estas áreas traduzem a conversão com base no volume existente, de povoamentos dominantes e dominados, em povoamento puros, possibilitando assim a utilização de uma tabela de produção característica de povoamentos puros. A interpretação destas áreas deve ser contextualizada na sua análise, uma vez que traduz áreas tendencialmente inferiores às áreas totais verificadas para uma determinada espécie no Inventário Florestal.

A evolução dos volumes de procura e os respectivos volumes passíveis de corte verificados nas figuras VIII e IX (Nut I sem e com exclusão de áreas protegidas, respectivamente) demonstram que os cenários de volumes de procura constante (volumes com referência ao ano de 2007) apenas são satisfeitos nos dois primeiros anos de simulação (2007 e 2008), verificando-se nos anos subsequentes uma existência variável de volume de lenho principal em défice.

Uma vez que a evolução do volume de procura verificada no período decorrido entre 1990 e 2007 é bastante elevada, a projecção desta mesma taxa de variação anual durante o período de simulação 2007 a 2031, conduz a que a procura pelo volume de lenho principal se distancie de ano para ano do volume de corte (figuras VIII e IX).

Para os mesmos cenários de procura de volume, a análise das áreas com e sem exclusão de regimes de protecção permite inferir que no caso de exclusão das áreas protegidas (figura IX) os volumes em défice verificados em cada ano e em cada cenário de procura são superiores aos verificados em regimes sem exclusão de áreas protegidas (figura VIII). Uma vez mais, tal facto deve-se à exclusão das áreas de povoamento eucalipto existentes sobre regime de protecção.

Do conjunto de fracções de biomassa consideradas na exploração dos povoamentos de eucalipto, apenas a biomassa proveniente do material ardido sem aproveitamento industrial (2.2.1.2), tem uma dependência distinta do volume e da classe de idade do povoamento. Deste modo, nas figuras X e XI é possível verificar uma elevada relação entre o volume cortado e a quantidade de biomassa residual produzida.

Uma vez que as áreas de eucalipto não se encontram igualmente distribuídas pelas diferentes classes de idade, verifica-se que o conjunto de restrições aplicadas em termos de idade mínima de corte, ao nível dos parâmetros de simulação, permite que em determinados anos os volumes de corte se aproximem dos volumes de procura, conduzindo nesses períodos a uma maior produção de resíduos.

Verifica-se assim, no cenário em que não se excluem as áreas sobre regime de protecção e em que se considera uma procura de volume constante (figura X), o máximo e mínimo de produção biomassa residual são atingidos respectivamente nos anos de 2009 e 2013 com valores respectivamente situados na ordem de 1,700,000 e 690,000 toneladas. Considerando o mesmo cenário em termos de unidade de área, mas considerando uma procura de volume variável, o valor mínimo de produção ocorre no mesmo ano (2013) com valores semelhantes, no entanto o valor máximo de produção é antecipado de 2009 para 2008, atingindo nesse ano cerca de 1,740,000 toneladas de biomassa. Em ambos os cenários de procura (constante e variável) a produção média anual de biomassa residual atinge um valor de cerca de 1,200,000 de toneladas.

A produção de biomassa residual decorrente do cenário em que são excluídas as áreas sobre regime de protecção (figura XI), traduz em termos médios uma produção anual de biomassa da ordem de 1,100,000 toneladas, tanto para a procura de volume constante como variável. Desta forma, os resultados obtidos em termos de produção de biomassa nos diferentes cenários são os expectáveis, uma vez que as áreas de povoamento de eucalipto existentes em regimes de área protegida são bastante diminutas, levando a diferenças de produção médias anuais apenas da ordem das 100,000 toneladas de biomassa. As variações verificadas em cada cenário, entre volumes de procura constante e variável, demonstram uma vez mais que o esforço adicional imposto pela procura variável (sempre superior ao volume de procura constante) apenas permite antecipações residuais e pontuais de determinados volumes de corte.

A análise da biomassa de eucalipto produzida por fracção residual de exploração é traduzida nas figuras XII e XIII. Neste caso a análise decorreu apenas sobre cenários de volume de procura

constante, uma vez que de análises efectuadas anteriormente se verificou que o cenário de volume variável conduz a elevados volumes de défice, ou seja, em termos gerais o volume de corte que o povoamento permite é semelhante para ambos os cenários de volume de procura.

Embora a proporção das diferentes componentes de biomassa observadas nas figuras XII e XIII, demonstre um maior contributo da biomassa proveniente da casca, ramos e folhas, verifica-se que esta proporção não assume um carácter constante ao longo do período de simulação. A variação verificada na proporção de cada componente deve-se ao facto dos povoamentos de eucalipto assumirem produtividades distintas nas diferentes regiões consideradas, e conjuntamente serem assumidos cortes em diferentes classes de idade, ou seja, as componentes de biomassa produzidas não dependem directa e exclusivamente do volume de corte num determinado ano, mas dependem de um conjunto de factores característicos de cada povoamento e da respectiva tabela de produção considerada.

A distribuição da produção de biomassa por unidades ao nível das diferentes Nut II, assumiu, tal como descrito no ponto 2.2.1.2., uma desagregação do volume de procura nacional, por cada uma destas regiões. Uma vez que o critério de distribuição utilizado não contemplou o volume existente em cada classe de idade, verificou-se uma variação distinta do esforço de corte entre as unidades de análise. Ou seja, uma dada unidade de análise, cujo volume total de existências esteja concentrado em classes de idade abaixo dos 8 anos (idade mínima de corte assumida para povoamentos regulares), embora tenha um volume de corte correspondente ao total das suas existências, o volume verdadeiramente permitido para corte permaneceu tendencialmente abaixo do estabelecido.

Desta forma é possível justificar as diferenças verificadas entre a biomassa potencialmente produzida ao nível da Nut I (figuras XII e XIII) e no conjunto das diferentes Nut II (figuras XIV e XV), nos dois cenários de exclusão de áreas sobre regime de protecção. No entanto, mesmo assumindo as perturbações da distribuição de volumes de procura nas diferentes unidades espaciais ao nível da Nut II, verifica-se que a produção de biomassa residual proveniente de povoamentos de eucalipto, assume maiores produtividades na região Centro, seguindo-se as regiões Norte e Lvt.

A produção detalhada por componente de biomassa, ao nível das diferentes regiões de Nut II, nos diferentes cenários de regime de protecção, encontra-se reflectida no anexo I.

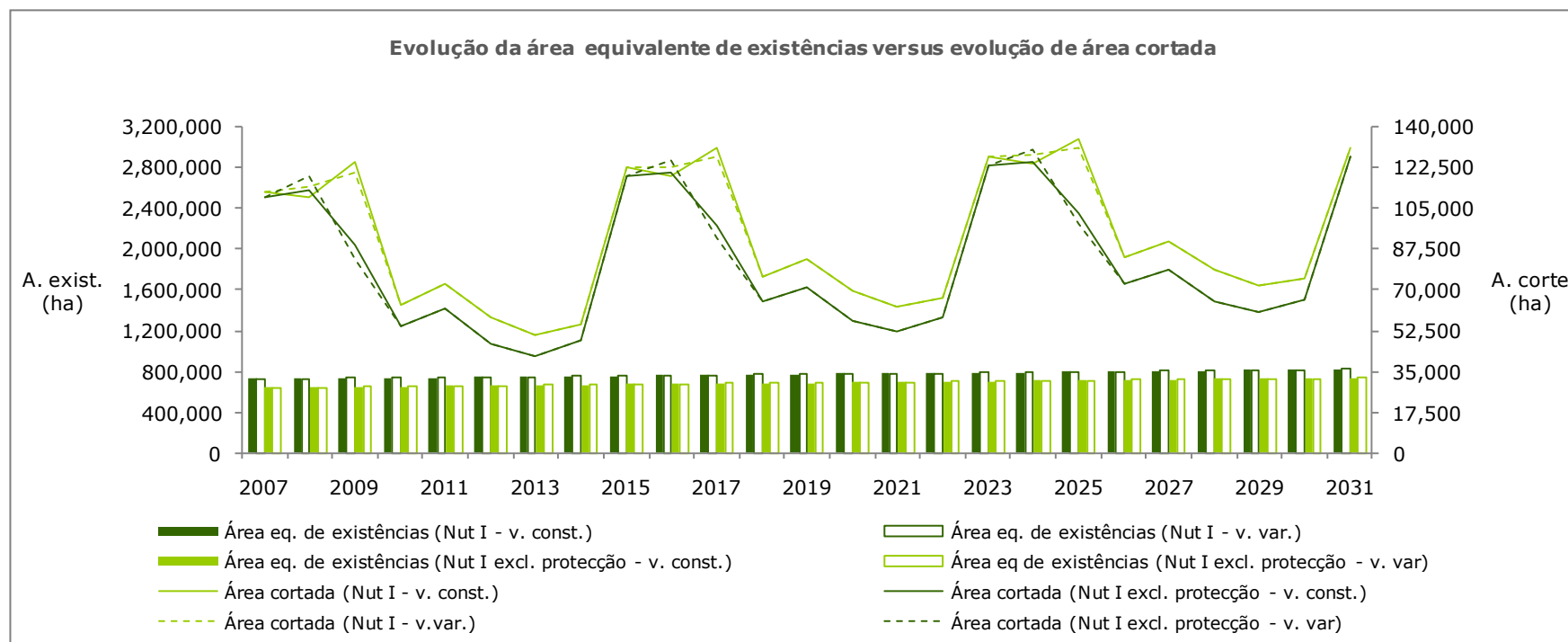


Figura VII – Evolução da área equivalente de existências de eucalipto versus evolução de área de cortada.

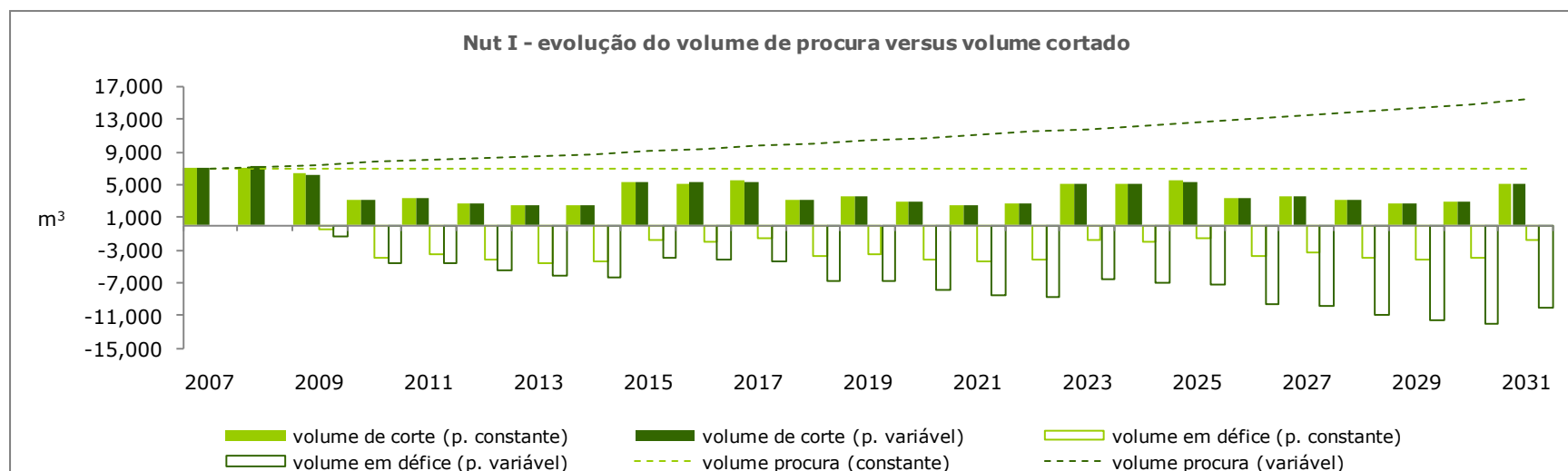


Figura VIII – Evolução do volume de procura de eucalipto versus volume cortado (Nut I).

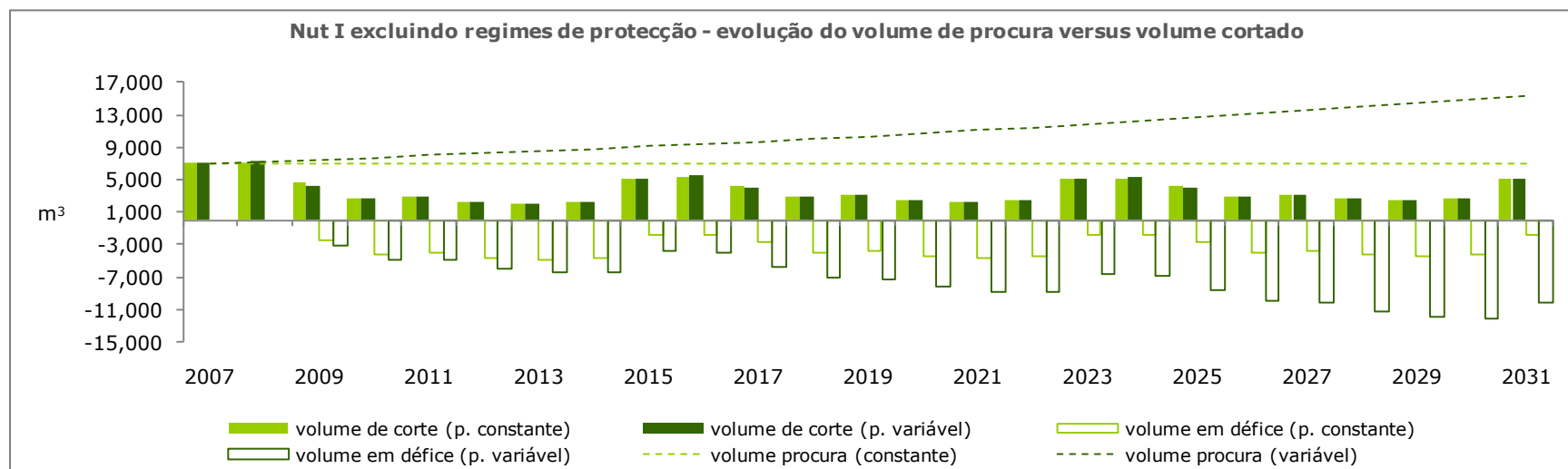


Figura IX – Evolução do volume de procura de eucalipto versus volume cortado (Nut I excluindo regimes de protecção).

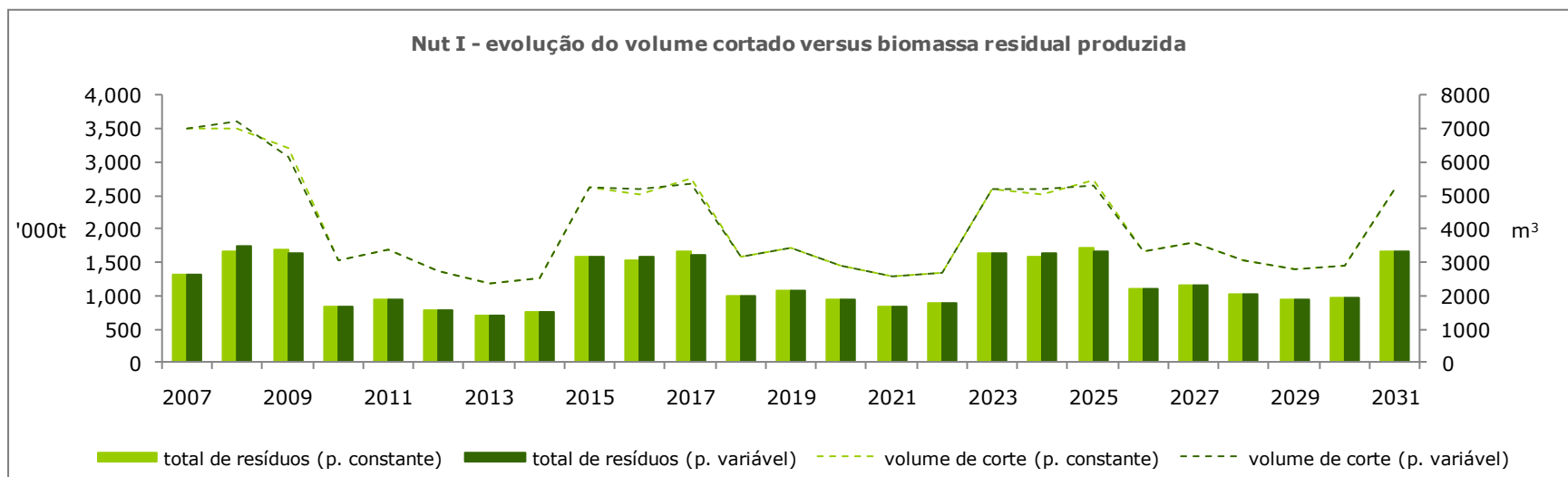


Figura X – Evolução do volume de eucalipto cortado versus biomassa residual produzida (Nut I).

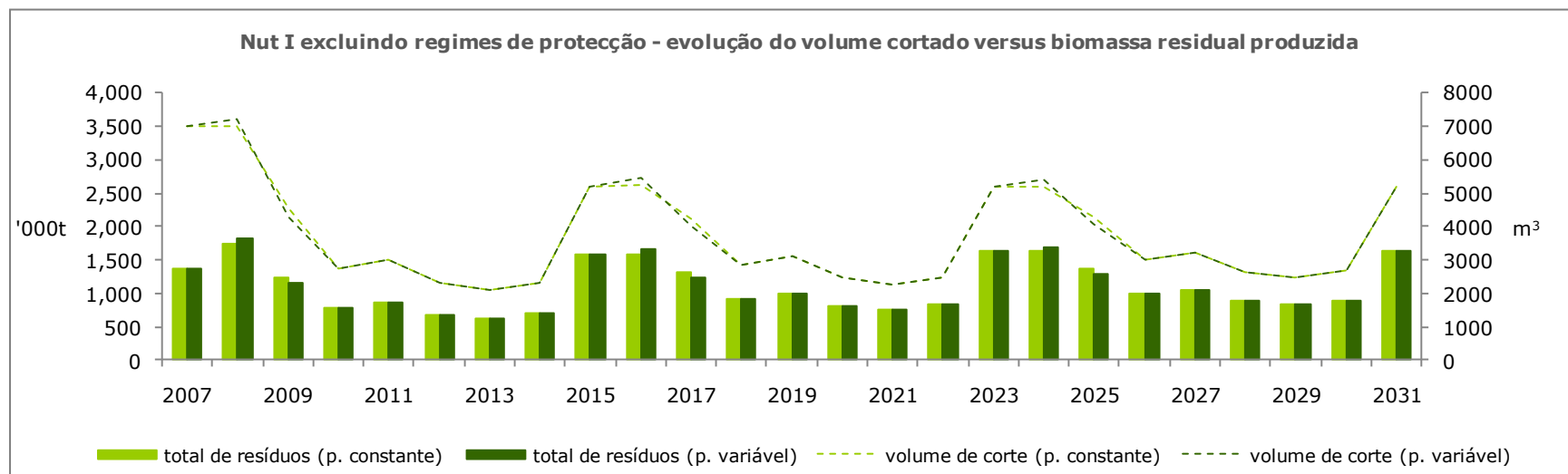


Figura XI - Evolução do volume de eucalipto cortado versus biomassa residual produzida (Nut I excluindo regimes de protecção).

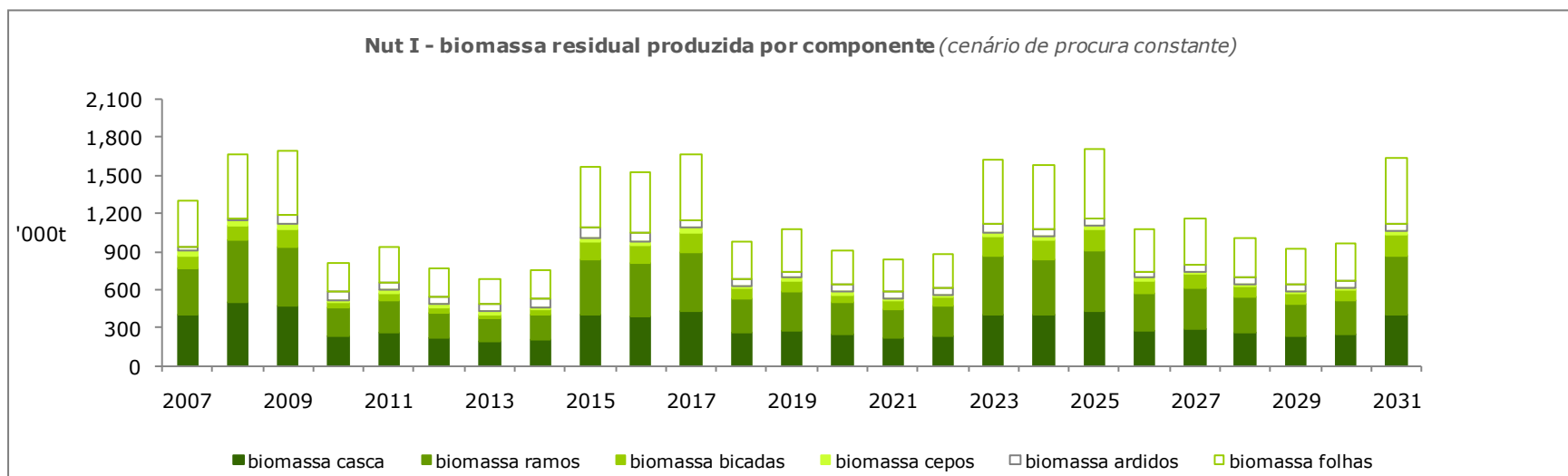


Figura XII – Evolução da produção de biomassa residual de eucalipto, por componente num cenário de procura constante (Nut I).

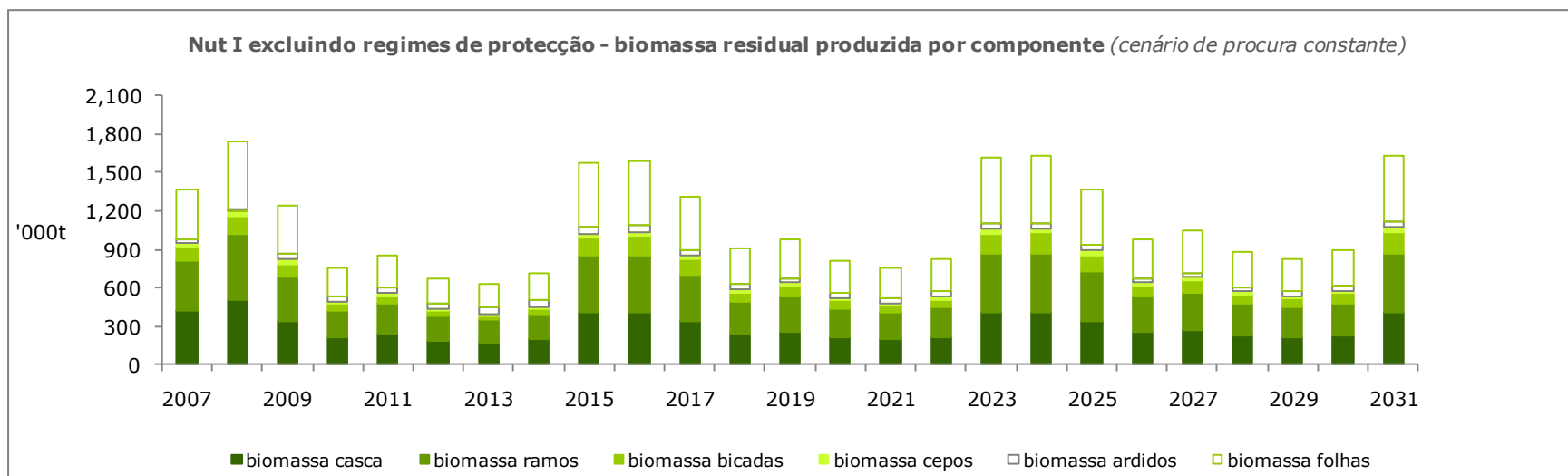


Figura XIII – Evolução da produção de biomassa residual de eucalipto, por componente num cenário de procura constante (Nut I excluindo regimes de protecção).

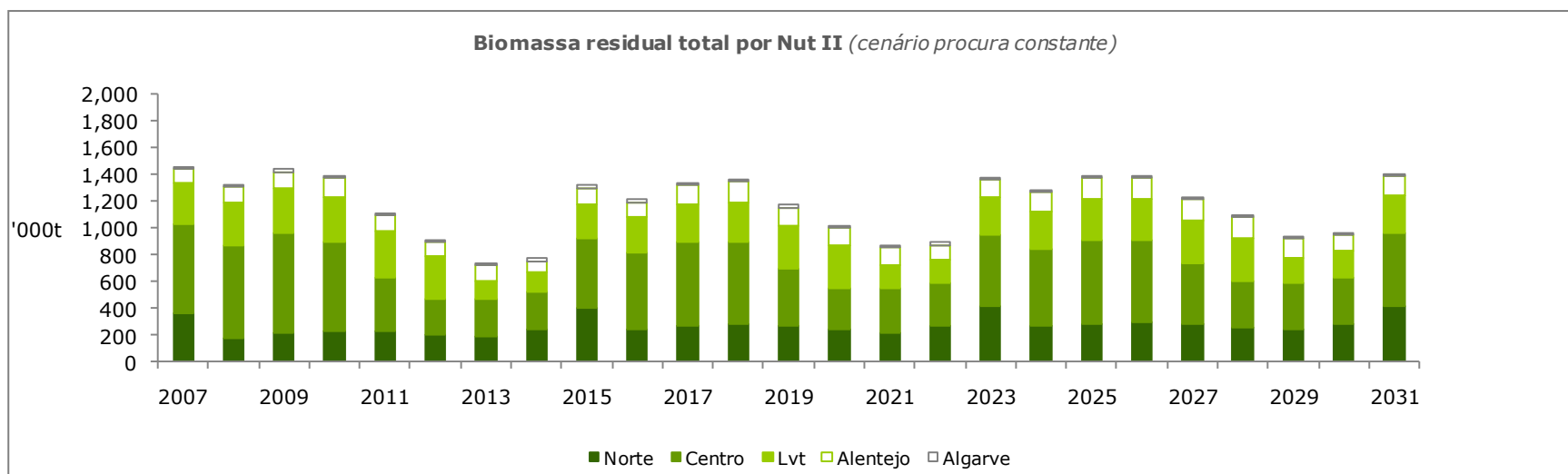


Figura XIV – Evolução da produção de biomassa de eucalipto, num cenário de procura constante (Nut II).

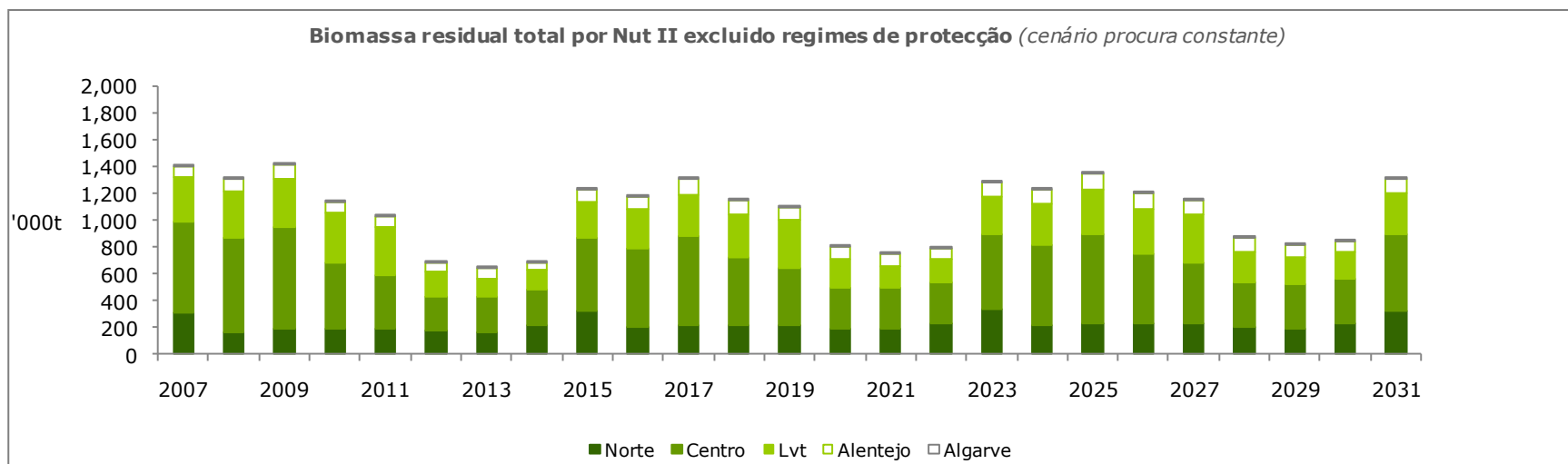


Figura XV - Evolução da produção de biomassa de eucalipto, num cenário de procura constante (Nut II excluindo regimes de protecção).

3.1.2. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de pinheiro bravo

O regime de exploração adoptado nos povoamentos de pinheiro bravo considera geralmente uma revolução de setenta anos. Desta forma, mesmo perante o elevado número de parcelas disponíveis em território nacional (quadro VI), o elevado número de classes de idade a considerar, reduziu significativamente o número de parcelas disponíveis por cada classe em cada unidade espacial. Desta forma optou-se pela construção de uma única tabela de produção de carácter nacional (povoamentos regulares), a qual deu origem a 12 variantes (Nut I, Nut II, Nut I e Nut II excluído regimes de protecção), cujas diferenças se traduziram apenas ao nível das variáveis dos povoamentos não industriais, irregulares e bosquetes.

A cada variante de tabela de produção correspondeu, tal como no caso analisado para os povoamentos de eucalipto, um conjunto de dois cenários (procura de volume constante e procura de volume variável), os quais conjuntamente com os parâmetros de simulação definiram o comportamento do povoamento ao longo do tempo.

Uma vez que o volume de procura, independentemente do cenário considerado (procura de volume constante ou variável), se considerou constante num determinado ano para as unidades espaciais de análise (com e sem exclusão de regimes de protecção), verificou-se que nos casos em que as áreas de protecção eram excluídas, consequentemente a área de povoamento de pinheiro bravo era inferior, conduzindo assim a um esforço de corte superior de forma a garantir a satisfação da mesma procura.

O esforço de corte de uma determinada região reflecte-se tanto ao nível do volume cortado de uma dada espécie, bem como da sua área cortada e respectiva evolução da área de existências. Na figura XVI, é possível verificar que para a mesma unidade espacial, a área de corte é tendencialmente antecipada nas situações em que o rácio volume de procura por área de existências é superior. Esta situação não se tornou mais notória, devido às restrições impostas pelos parâmetros de simulação, entre eles a idade mínima de corte de cada tipo de povoamento.

As áreas equivalentes de existências ainda reflectidas na figura XVI, traduzem tal como no caso dos povoamentos de eucalipto as áreas ajustadas em função dos diversos tipos de povoamentos, ou seja, no caso dos povoamentos regulares estas áreas traduzem a conversão com base no volume existente, de povoamentos dominantes e dominados, em povoamento puros, possibilitando assim a utilização de uma tabela de produção característica de povoamentos puros.

A evolução dos volumes de procura e os respectivos volumes passíveis de corte, verificados nas figuras XVII e XVIII (Nut I sem e com exclusão de áreas protegidas, respectivamente), demonstram que os cenários de volumes de procura constante (volumes com referência ao ano de 2007) são satisfeitos nos dez primeiros anos de simulação aquando a não exclusão das áreas existentes em regime de protecção. No mesmo cenário de volume de procura constante, a exclusão das áreas sobre regime de protecção antecipa a existência de um volume em défice para o ano de 2012.

Uma vez que a evolução do volume cortado, verificada no período decorrido entre 1990 e 2007 traduz uma tendência de diminuição da procura, a projecção da taxa média de variação anual correspondente a este período, para o período de simulação 2007 a 2031, conduz a que a procura pelo volume de lenho principal seja cada vez menor (figuras XVII e XVIII). Deste modo, num cenário de procura variável, a não exclusão das áreas afectas a regimes de protecção, permite satisfazer a procura estabelecida, até ao ano de 2022. No entanto, quando se exclui as áreas sobre o regime de protecção, verifica-se que o início da existência de um volume em défice ocorre em 2013.

Perante as elevadas diferenças verificadas para ambos os cenários de procura (constante e variável), em regimes com e sem exclusão de áreas protegidas, é possível inferir uma elevada ocupação de povoamentos de pinheiro bravo em áreas sobre regime de protecção, o que traduz um esforço adicional de corte verificado no cenário em que a exploração destas áreas é restringida.

Tal como verificado na simulação dos povoamentos de eucalipto, é possível verificar uma elevada relação entre o volume cortado num dado ano, e a quantidade de biomassa residual produzida (figuras XIX e XX). No entanto, ao contrário do verificado no caso dos povoamentos de eucalipto, os povoamentos de pinheiro bravo não demonstram ao longo do período de simulação, recuperações significativas de volume de corte. Tal facto, poderá estar relacionado com a elevada diferença entre a idade normal e mínima de corte (45 e 30 anos, respectivamente) considerada para os povoamentos regulares, o que em conjunto com o maior número de anos da revolução, agrava a capacidade de recuperação da produção de volume em idade de corte.

A análise do cenário em que não se excluem as áreas sobre regime de protecção e em que se considera uma procura de volume constante (figura XIX), o máximo e mínimo de produção biomassa residual são atingidos respectivamente nos anos de 2016 e 2029 com valores respectivamente situados na ordem de 2,420,000 e 900,000 toneladas. Considerando o mesmo cenário em termos de unidade de área, mas considerando uma procura de volume variável, o valor mínimo de produção ocorre no mesmo ano (2029) com valores da ordem das 860,000 toneladas, no entanto o valor máximo de produção é antecipado de 2016 para 2008, atingindo nesse ano cerca de 1,970,000 toneladas de biomassa. Em ambos os cenários de procura (constante e variável) a produção média anual de biomassa residual atinge um valor de cerca de 1,560,000 de toneladas.

A produção de biomassa residual decorrente do cenário em que são excluídas as áreas sobre regime de protecção (figura XX), traduz em termos médios uma produção anual de biomassa da ordem de 1,230,000 toneladas, tanto para a procura de volume constante como variável. Desta forma, os resultados obtidos em termos de produção de biomassa nos diferentes cenários são os expectáveis, uma vez que as áreas de povoamento de pinheiro bravo existentes em regimes de área protegida são bastante consideráveis, levando a diferenças de produção médias anuais da ordem das 330,000 toneladas de biomassa.

A análise da biomassa de eucalipto produzida por fracção residual de exploração é traduzida nas figuras XXI e XXII. Neste caso a análise decorreu apenas sobre cenários de volume de procura

constante, uma vez que não se considerou expectável uma continuação da diminuição da procura de pinho bravo, sem que exista uma diminuição da sua área de ocupação.

Embora a proporção das diferentes componentes de biomassa observadas nas figuras XXI e XXII, demonstre um maior contributo da biomassa proveniente dos ramos e casca, verifica-se que esta proporção não assume um carácter constante ao longo do período de simulação. A variação verificada na proporção de cada componente, deve-se sobretudo ao facto dos povoamentos de pinheiro bravo assumirem produtividades distintas destas componentes em diferentes classes de idade, ou seja, as componentes de biomassa produzidas não dependem directa e exclusivamente do volume de corte num determinado ano, mas dependem de um conjunto de factores característicos de cada povoamento e da respectiva tabela de produção assumida.

A distribuição da produção de biomassa por unidades ao nível das diferentes Nut II, assumiu, tal como no caso do eucalipto (descrito no ponto 2.2.1.2.), uma desagregação do volume de procura nacional, por cada uma destas regiões. Uma vez que o critério de distribuição utilizado, não contemplou o volume existente em cada classe de idade, verificou-se uma variação distinta do esforço de corte entre as unidades de análise. Ou seja, uma dada unidade de análise, cujo volume total de existências esteja concentrado em classes de idade abaixo dos 30 anos (idade mínima de corte assumida para povoamentos regulares), embora tenha um volume de corte correspondente ao total das suas existências, o volume verdadeiramente permitido para corte permaneceu tendencialmente abaixo do estabelecido.

Desta forma é possível justificar as diferenças verificadas entre a biomassa potencialmente produzida ao nível da Nut I (figuras XXI e XXII) e no conjunto das diferentes Nut II (figuras XXIII e XXIV), nos dois cenários de exclusão de áreas sobre regime de protecção. No entanto, mesmo assumindo as perturbações da distribuição de volumes de procura nas diferentes unidades espaciais ao nível da Nut II, verifica-se que a produção de biomassa residual proveniente de povoamentos de eucalipto, assume maiores produtividades na região Centro, seguindo-se as regiões Norte e Lvt.

A produção detalhada por componente de biomassa, ao nível das diferentes regiões de Nut II, nos diferentes cenários de regime de protecção, encontra-se reflectida no anexo II.

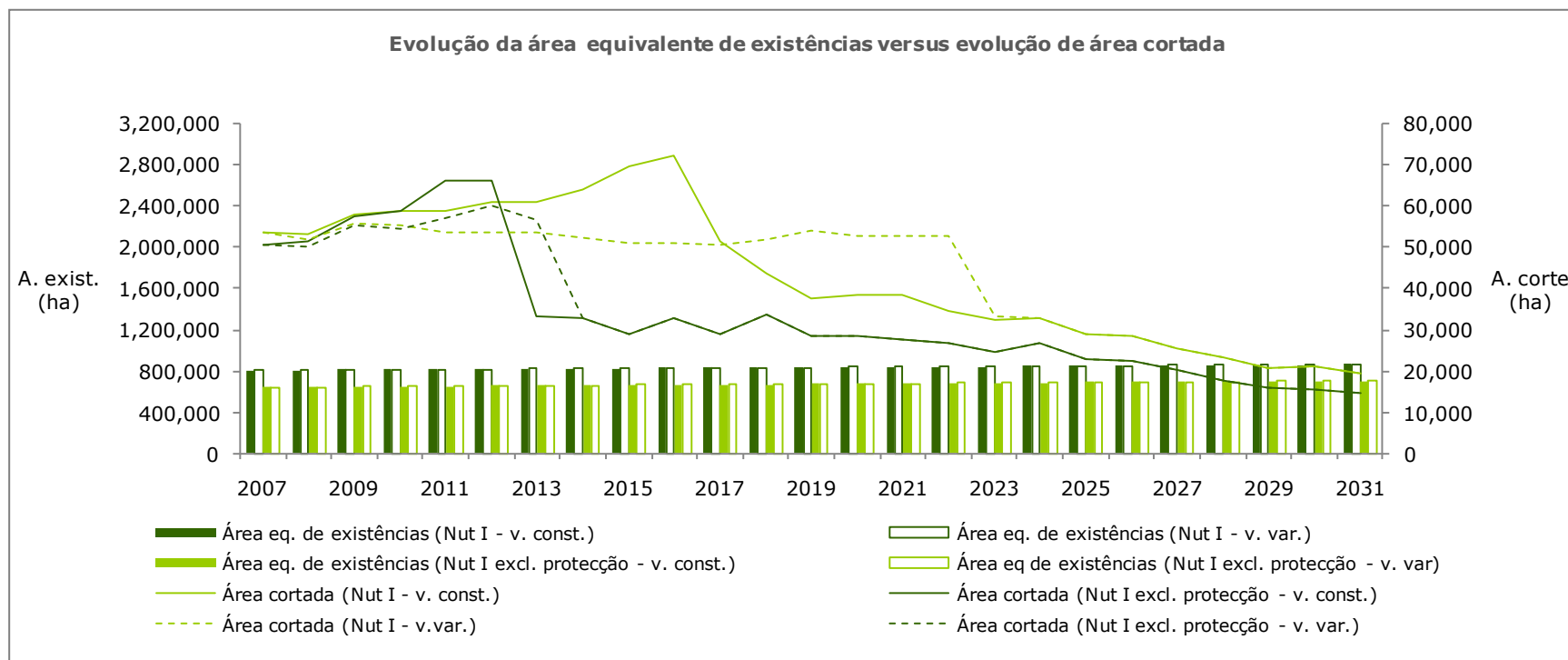


Figura XVI – Evolução da área equivalente de existências de pinheiro bravo versus evolução de área de cortada.

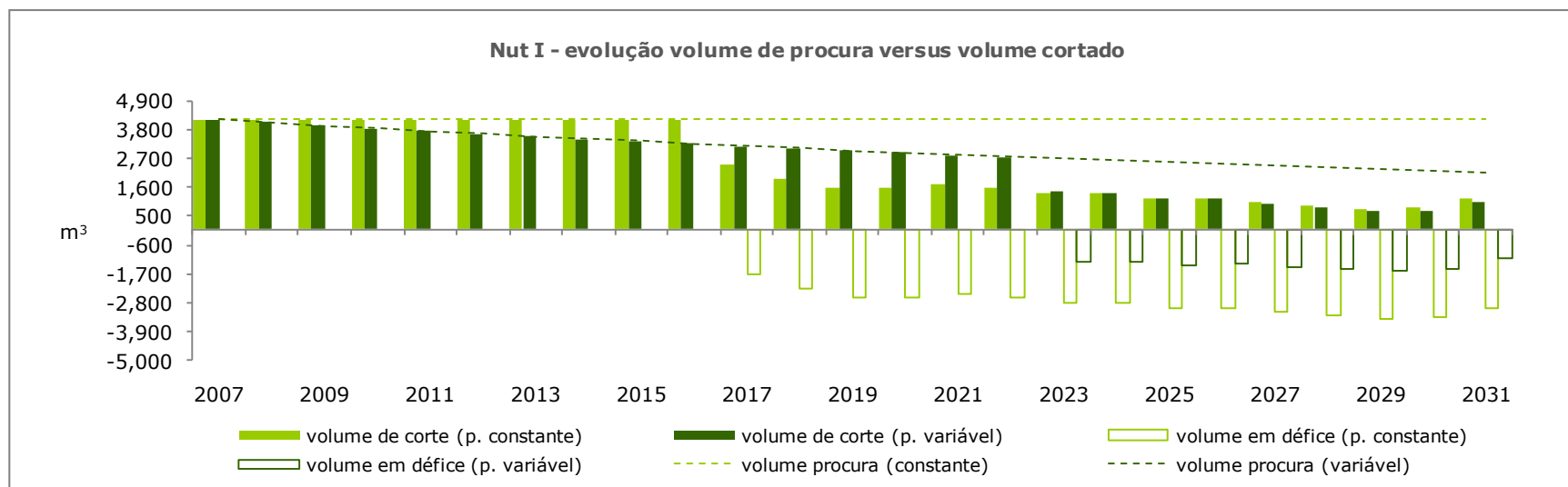


Figura XVII – Evolução do volume de procura de pinheiro bravo versus volume cortado (Nut I).

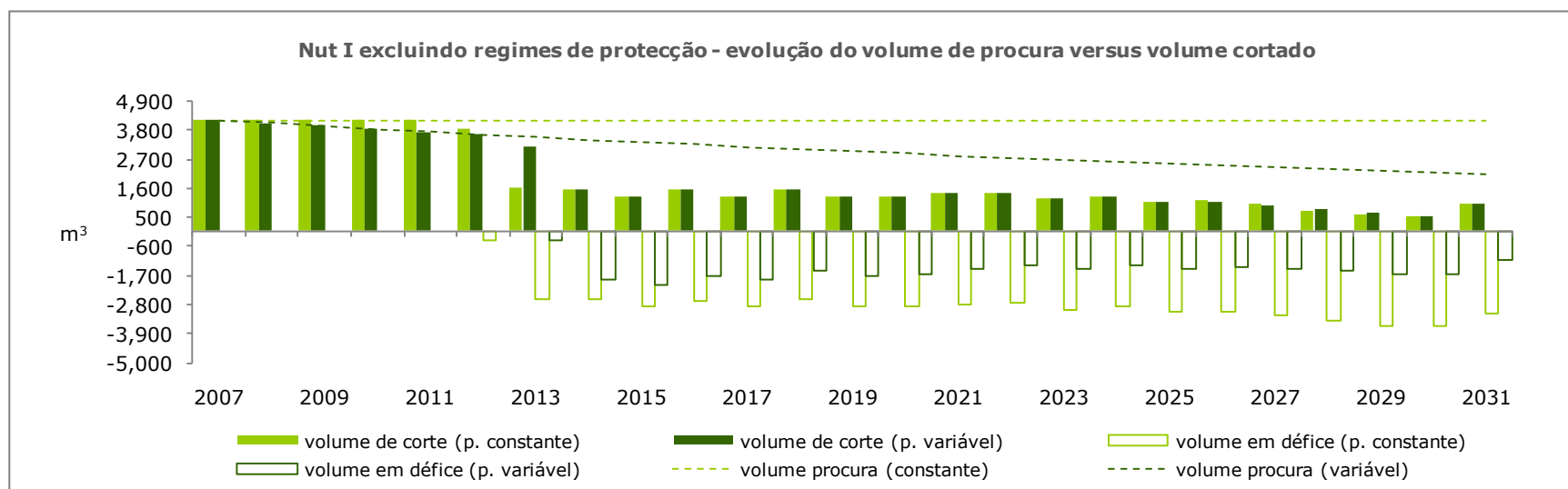


Figura XVIII - Evolução do volume de procura de pinheiro bravo versus volume cortado (Nut I excluindo regimes de protecção).

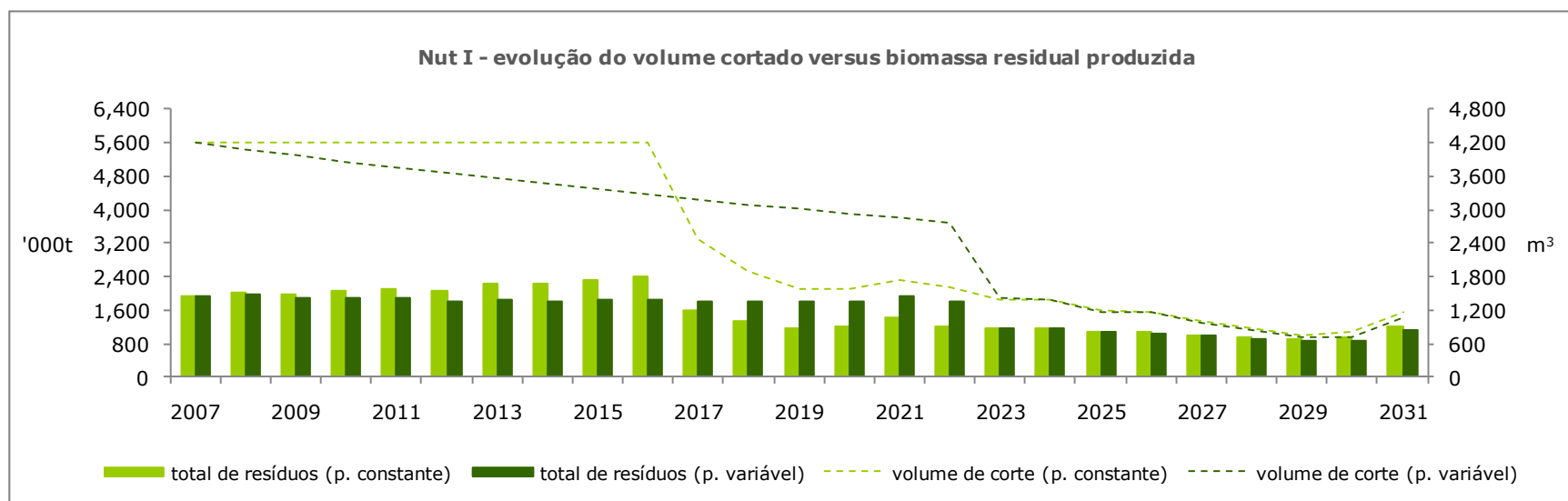


Figura XIX - Evolução do volume de pinheiro bravo cortado versus biomassa residual produzida (Nut I).

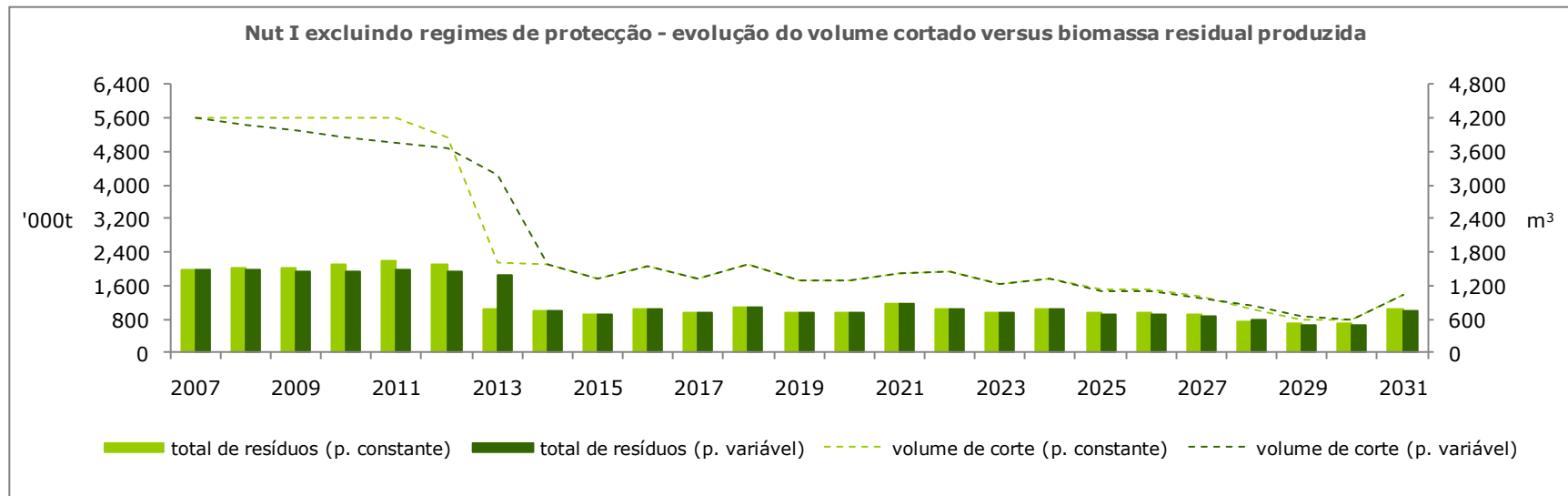


Figura XX - Evolução do volume de pinheiro bravo cortado versus biomassa residual produzida (Nut I excluindo regimes de protecção).

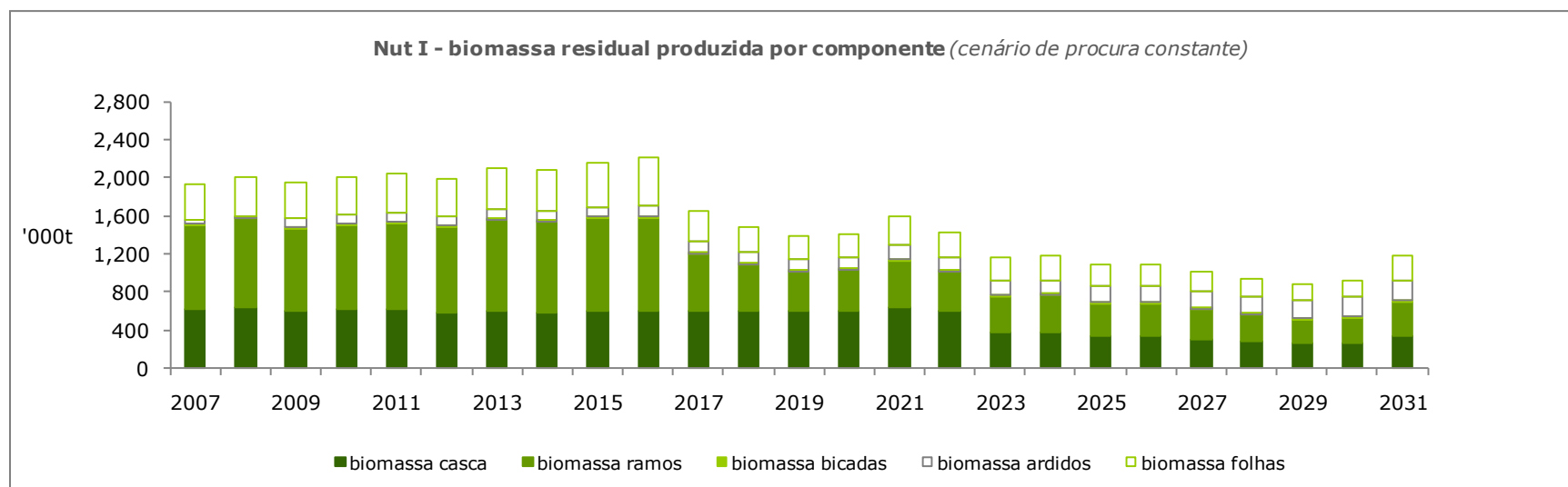


Figura XXI - Evolução da produção de biomassa residual de pinheiro bravo, por componente num cenário de procura constante (Nut I).

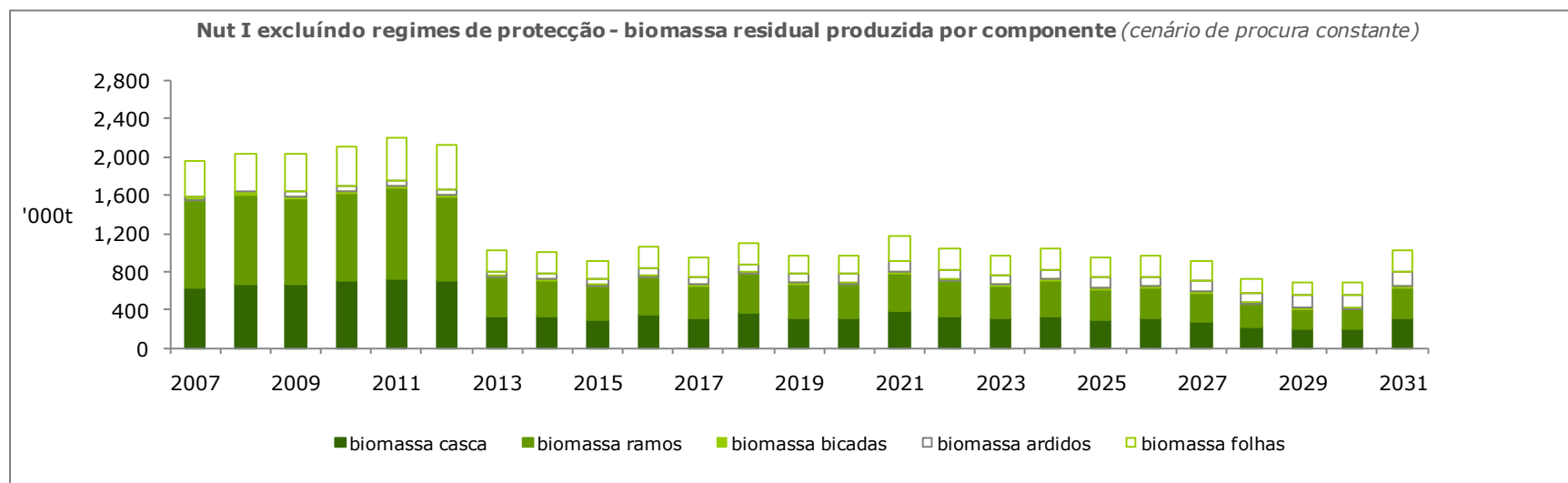


Figura XXII - Evolução da produção de biomassa residual de pinheiro bravo, por componente num cenário de procura constante (Nut I excluindo regimes de protecção).

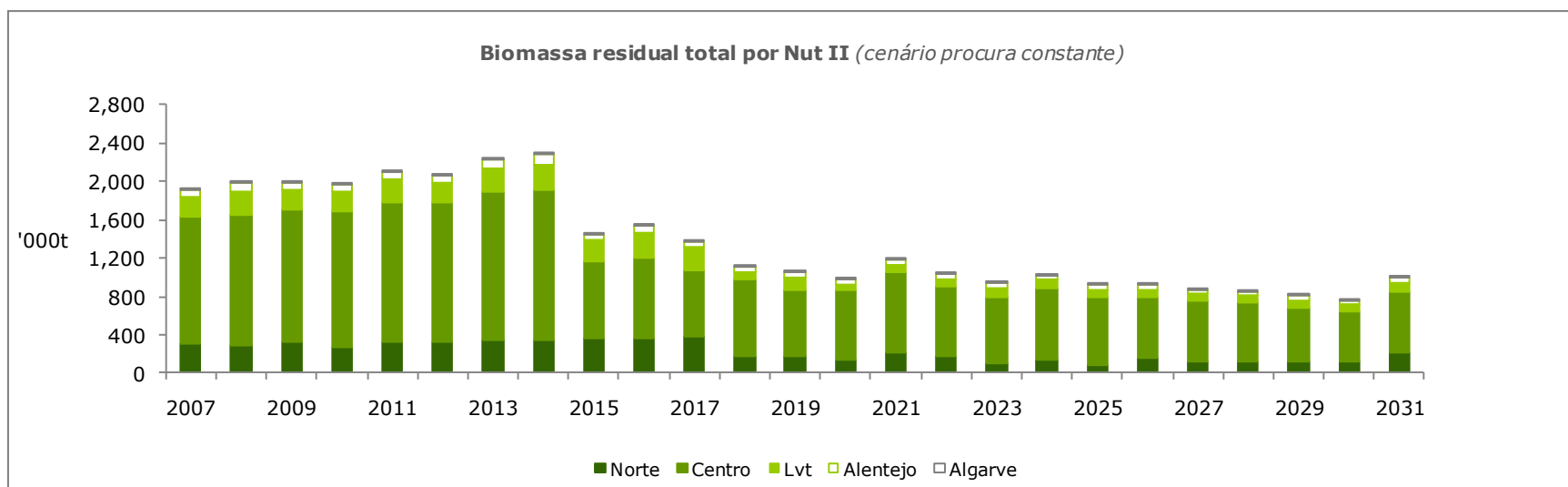


Figura XXIII – Evolução da produção de biomassa de pinheiro bravo, num cenário de procura constante (Nut II).

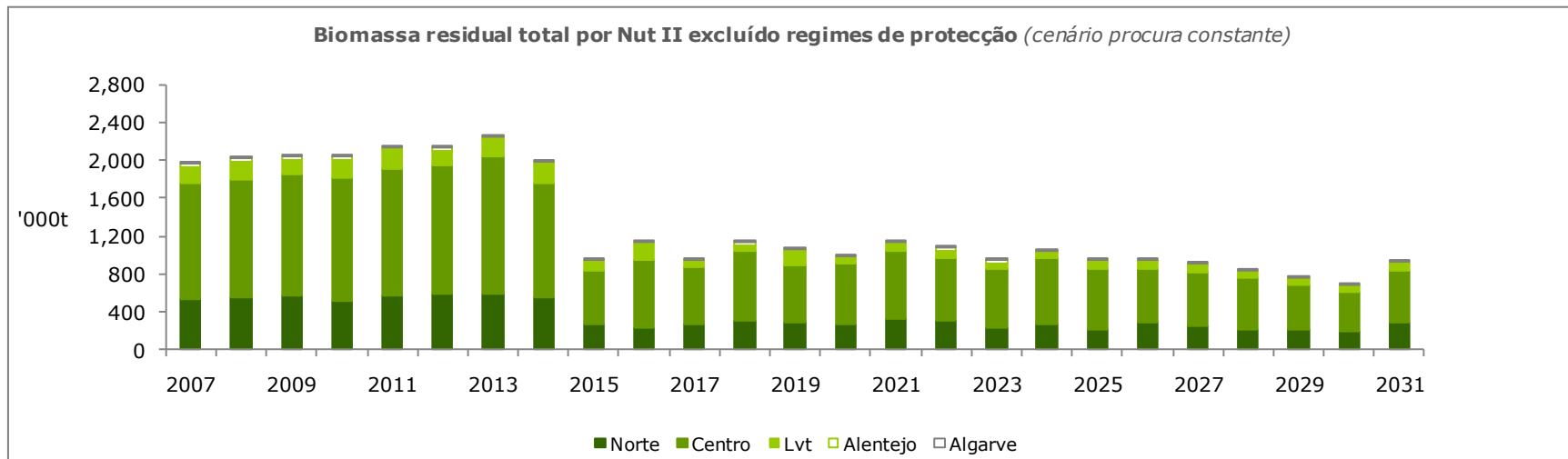


Figura XXIV - Evolução da produção de biomassa de pinheiro bravo, num cenário de procura constante (Nut II excluindo regimes de protecção).

3.2. Análise da quantificação de biomassa proveniente dos resíduos de exploração das espécies secundárias

A quantificação de biomassa correspondente aos resíduos de exploração das espécies secundárias, distinguiu-se da quantificação das espécies primárias, por não comportar uma simulação da evolução temporal da disponibilidade de biomassa.

No entanto, a metodologia adoptada contemplou a construção de tabelas de produção características de cada espécie (numa escala nacional), o que permitiu determinar uma disponibilidade média anual de biomassa, assumindo uma distribuição média dos povoamentos existentes pelas classes de idade consideradas nos modelos de exploração adoptados para cada espécie.

Da mesma forma, que a realizada para as espécies principais, as espécies secundárias foram também alvo de uma quantificação de biomassa residual em dois cenários distintos. O primeiro cenário correspondeu à utilização da biomassa produzida na totalidade das áreas afectas a cada espécie (povoamentos puros, dominantes e dominados), enquanto o segundo cenário se caracterizou pela não contabilização das áreas existentes em regimes de protecção.

3.2.1. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Sobreiro

Com base nos pressupostos adoptados para o regime de exploração dos povoamentos de sobreiro, os resíduos disponíveis numa base anual, durante a revolução de um povoamento em alto-fuste serão iguais a **1.01** toneladas de biomassa em base seca, por hectare e por ano (quadro IX).

Esta disponibilidade assumiu uma idade de revolução de 113 anos, em que as componentes que mais contribuem para a produção de biomassa, provém dos desbastes realizados de 9 em 9 anos, a partir dos 15 (povoamento secundário).

O povoamento principal contribui ainda de forma significativa para a produção de biomassa, nomeadamente através do lenho principal valorizado aquando o fim da revolução (quadro IX).

Quadro IX – Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de Sobreiro.

| Idade | Povoamento principal | | | | | Povoamento secundário | | | |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|------|-----------------------|-------|-------|-------|
| | total | lenho | casca | copa | poda | total | lenho | casca | copa |
| 18 | 8.23 | 2.72 | 1.65 | 3.85 | | 3.16 | 1.86 | 1.30 | - |
| 23 | 15.11 | 5.54 | 2.94 | 6.63 | | - | - | - | - |
| 32 | 31.10 | 13.26 | 5.71 | 12.13 | 3.41 | - | - | - | - |
| 41 | 46.21 | 22.57 | 7.40 | 16.24 | | 4.08 | 1.66 | 0.76 | 1.66 |
| 50 | 36.34 | 20.81 | 3.69 | 11.84 | 3.95 | 24.65 | 12.18 | 3.61 | 8.86 |
| 59 | 37.91 | 23.25 | 2.73 | 11.93 | | 5.18 | 2.89 | 0.49 | 1.80 |
| 68 | 40.04 | 25.44 | 2.79 | 11.81 | | 5.06 | 3.01 | 0.39 | 1.66 |
| 77 | 41.63 | 27.39 | 2.59 | 11.65 | | 4.80 | 2.95 | 0.35 | 1.50 |
| 86 | 43.09 | 29.09 | 2.55 | 11.45 | | 4.60 | 2.92 | 0.31 | 1.37 |
| 95 | 44.09 | 30.56 | 2.28 | 11.25 | | 4.37 | 2.88 | 0.26 | 1.23 |
| 104 | 45.21 | 31.97 | 2.21 | 11.02 | | 4.12 | 2.72 | 0.25 | 1.15 |
| 113 | 44.70 | 32.24 | 1.96 | 10.50 | | 3.70 | 2.56 | 0.18 | 0.96 |
| Total | t ha ⁻¹ | | | | | 113.82 | 67.87 | 7.90 | 27.55 |
| Dispon. anual | t ha ⁻¹ ano ⁻¹ | | | | | 1.01 | 0.60 | 0.07 | 0.24 |

Com base nas produtividades anuais de biomassa obtidas através da tabela de produção anterior, foi possível quantificar a disponibilidade média anual de biomassa, com potencial aproveitamento energético, para as diferentes unidades espaciais em análise, nos respectivos cenários de protecção (Quadro X).

Quadro X – Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Sobreiro.

| Regime de protecção | Disponibilidade média anual de biomassa (t.ano ⁻¹) | | | | | |
|--------------------------|--|--------|---------|----------|---------|---------|
| | Norte | Centro | Lvt | Alentejo | Algarve | Nut I |
| Total de áreas afectas | 8,957 | 28,377 | 135,260 | 435,921 | 27,021 | 635,536 |
| Expt. áreas de protecção | 6,115 | 25,949 | 127,899 | 356,668 | 12,229 | 528,860 |

Os resultados obtidos, permitem verificar que a disponibilidade anual ao nível da Nut I se situa em valores ordem das 635,000 toneladas de biomassa por ano (base seca). No entanto, no cenário em que se exclui a exploração de áreas sobre regime de protecção, a disponibilidade anual de biomassa para esta mesma região decresce para cerca de 530,000 toneladas (base seca).

Em termos de produtividades nas diferentes unidades espaciais consideradas ao nível da Nut II, as maiores disponibilidades são verificadas, em ambos os cenários de protecção, nas regiões do Alentejo e Lvt.

3.2.2. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Azinheira

A quantificação dos resíduos de exploração dos povoamentos de azinheira, assumiu pela sua elevada semelhança produtiva, a mesma tabela de produção desenvolvida para os povoamentos de sobreiro (quadro IX).

Com base neste pressuposto, os resíduos disponíveis anualmente durante a revolução de um povoamento de azinheira, em alto-fuste foram igualmente estabelecidos em **1.01** toneladas de biomassa em base seca, por hectare e por ano.

A afectação destas produtividades às áreas existentes nas diferentes unidades espaciais em análise, permitiu estabelecer como disponibilidade média anual, ao nível da Nut I, um potencial de cerca de 295,000 toneladas de biomassa (base seca). Considerando ainda a mesma unidade espacial, mas excluindo as áreas sobre regime de protecção, a disponibilidade anual de biomassa com potencial aproveitamento energético, é reduzida para cerca de 205,000 toneladas (quadro XI).

A análise da disponibilidade anual ao nível da Nut II, destaca a região do Alentejo, em ambos os cenários de regime de protecção considerados, como a região com maior potencial de contributo para a produção de biomassa residual proveniente de povoamentos de azinheira.

Quadro XI – Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Azinheira.

| Regime de protecção | Disponibilidade média anual de biomassa (t.ano ⁻¹) | | | | | |
|--------------------------|--|--------|-----|----------|---------|---------|
| | Norte | Centro | Lvt | Alentejo | Algarve | Nut I |
| Total de áreas afectas | 8,418 | 22,828 | 690 | 247,595 | 14,623 | 294,155 |
| Expt. áreas de protecção | 5,099 | 15,066 | 586 | 174,817 | 9,971 | 205,538 |

3.2.3. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de outros Carvalhos

O regime de exploração em alto-fuste, adoptado para povoamentos de outros carvalhos, permitiu uma quantificação de resíduos disponíveis anualmente da ordem das **2.38** toneladas de biomassa em base seca, por hectare e por ano (quadro XII).

Esta disponibilidade traduzida numa base anual, assumiu uma idade de revolução de 70 anos, em que as componentes que mais contribuem para a produção de biomassa, provém dos desbastes realizados de 5 em 5 anos a partir dos 25 anos (povoamento secundário).

O povoamento principal, apenas contribui para a produção de biomassa, através da fracção correspondente à copa, valorizada aquando o fim da revolução (quadro XII).

Quadro XII – Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de outros Carvalhos.

| Idade | | Povoamento principal | | | Povoamento secundário | | |
|-------|----|----------------------|--------|-------|-----------------------|--------|------|
| td | t | total | tronco | copa | total | tronco | copa |
| 20 | 24 | 55.66 | 42.92 | 12.74 | | | |
| 25 | 29 | 56.86 | 44.25 | 12.62 | 20.43 | 18.38 | 2.05 |
| 30 | 34 | 67.29 | 52.14 | 15.16 | 14.43 | 9.19 | 5.23 |
| 35 | 39 | 77.19 | 59.43 | 17.76 | 13.97 | 8.65 | 5.32 |
| 40 | 44 | 86.55 | 66.14 | 20.41 | 13.89 | 8.18 | 5.71 |
| 45 | 49 | 95.36 | 72.28 | 23.08 | 13.55 | 7.79 | 5.76 |
| 50 | 54 | 103.66 | 77.89 | 25.77 | 13.24 | 7.43 | 5.81 |
| 55 | 59 | 111.46 | 83.01 | 28.45 | 12.96 | 7.12 | 5.85 |
| 60 | 64 | 118.80 | 87.66 | 31.14 | 12.71 | 6.83 | 5.88 |
| 65 | 69 | 125.70 | 91.89 | 33.81 | 12.48 | 6.57 | 5.91 |
| 70 | 74 | 132.19 | 95.73 | 36.47 | 12.26 | 6.32 | 5.93 |

Total t ha⁻¹

| | | |
|-------|------|------|
| 176.4 | 86.5 | 89.9 |
|-------|------|------|

Dispon. anual t ha⁻¹ ano⁻¹

| | | |
|------|------|------|
| 2.38 | 1.17 | 1.22 |
|------|------|------|

Com base nas produtividades anuais de biomassa, obtidas através da tabela de produção anterior, foi possível quantificar a disponibilidade média anual de biomassa com potencial aproveitamento energético para as diferentes unidades espaciais em análise, nos respectivos cenários de protecção (Quadro XIII).

Quadro XIII - Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de outros Carvalhos.

| Regime de protecção | Disponibilidade média anual de biomassa (t.ano ⁻¹) | | | | | |
|--------------------------|--|---------|--------|----------|---------|---------|
| | Norte | Centro | Lvt | Alentejo | Algarve | Nut I |
| Total de áreas afectas | 243,867 | 156,708 | 10,708 | 16,132 | 1,481 | 428,895 |
| Expt. áreas de protecção | 149,233 | 100,048 | 5,945 | 4,752 | 261 | 260,238 |

Os resultados obtidos, permitem verificar que a disponibilidade anual ao nível da Nut I se situa em valores ordem das 430,000 toneladas de biomassa por ano (base seca). No entanto, no cenário em que se exclui a exploração de áreas sobre regime de protecção, a disponibilidade anual de biomassa para esta mesma região decresce para cerca de 260,000 toneladas (base seca). Este elevado decréscimo reflecte a elevada área de povoamentos de outros carvalhos existentes em áreas sobre regime de protecção.

Em termos de produtividades nas diferentes unidades espaciais consideradas ao nível da Nut II, as maiores disponibilidades são verificadas, em ambos os cenários de protecção, nas regiões Norte e Centro do país.

3.2.4. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Pinheiro manso

Com base nos pressupostos adoptados para o regime de exploração dos povoamentos de Pinheiro manso, os resíduos disponíveis anualmente durante a revolução de um povoamento em alto-fuste serão iguais a **1.69** toneladas de biomassa em base seca, por hectare e por ano (quadro XIV).

Esta disponibilidade traduzida numa base anual, assumiu uma idade de revolução de 100 anos, em que as componentes que mais contribuem para a produção de biomassa, provém dos desbastes realizados de 10 em 10 anos a partir dos 20 anos (povoamento secundário).

O povoamento principal, ainda que não contabilizando o aproveitamento de lenho para uma valorização energética, contribui de forma bastante expressiva para a disponibilidade de biomassa total, sobretudo ao nível da fracção de biomassa proveniente da copa (quadro XIV).

Quadro XIV – Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de Pinheiro manso.

| idade | Biomassa do povoamento principal | | | | | | Biomassa do povoamento secundário | | | | |
|---------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------|---------|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| | total | lenho | casca | copa | raízes | desrama | total | lenho | casca | copa | raízes |
| 20 | 52.57 | 12.87 | 8.97 | 22.98 | 7.76 | - | 19.89 | 4.92 | 5.39 | 4.92 | 4.67 |
| 30 | 65.13 | 21.12 | 9.02 | 28.58 | 6.41 | 3.21 | 27.27 | 12.67 | 4.08 | 5.89 | 4.63 |
| 40 | 74.96 | 27.30 | 9.08 | 32.81 | 5.76 | - | 14.62 | 7.71 | 2.02 | 2.87 | 2.02 |
| 50 | 82.73 | 32.08 | 9.14 | 36.12 | 5.38 | 9.59 | 10.00 | 5.73 | 1.29 | 1.81 | 1.17 |
| 60 | 88.99 | 35.89 | 9.20 | 38.76 | 5.14 | - | 7.44 | 4.50 | 0.91 | 1.26 | 0.77 |
| 70 | 94.12 | 38.99 | 9.24 | 40.91 | 4.97 | - | 5.80 | 3.64 | 0.68 | 0.94 | 0.55 |
| 80 | 98.39 | 41.56 | 9.28 | 42.70 | 4.84 | - | 4.67 | 3.00 | 0.53 | 0.73 | 0.41 |
| 90 | 102.00 | 43.73 | 9.32 | 44.20 | 4.75 | - | 3.85 | 2.52 | 0.43 | 0.58 | 0.32 |
| 100 | 105.08 | 45.58 | 9.35 | 45.49 | 4.67 | - | 3.23 | 2.15 | 0.35 | 0.47 | 0.25 |
| Total | t ha ⁻¹ | | | | | | 169.08 | 46.84 | 25.04 | 77.76 | 19.44 |
| Dispon. anual | t ha ⁻¹ ano ⁻¹ | | | | | | 1.69 | 0.47 | 0.25 | 0.78 | 0.19 |

A correspondência destas produtividades às áreas existentes nas diferentes unidades espaciais em análise permitiu estabelecer como disponibilidade média anual, ao nível da Nut I, um potencial de cerca de 160,000 toneladas de biomassa (base seca). Considerando ainda a mesma unidade espacial, mas excluindo as áreas sobre regime de protecção, a disponibilidade anual de biomassa com potencial aproveitamento energético é reduzida para cerca de 120,000 toneladas (quadro XV).

A análise da disponibilidade anual ao nível da Nut II, destaca o Alentejo e Lvt, em ambos os cenários de regime de protecção, como as regiões com maior potencial de contributo para a produção de biomassa residual proveniente de povoamentos de Pinheiro manso.

Quadro XV - Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Pinheiro manso.

| Regime de protecção | Disponibilidade média anual de biomassa (t.ano ⁻¹) | | | | | |
|--------------------------|--|--------|--------|----------|---------|---------|
| | Norte | Centro | Lvt | Alentejo | Algarve | Nut I |
| Total de áreas afectas | 404 | 2,555 | 44,583 | 93,399 | 21,186 | 162,128 |
| Expt. áreas de protecção | 381 | 2,128 | 37,246 | 63,024 | 14,609 | 117,387 |

3.2.5. Análise da quantificação dos resíduos de exploração provenientes de povoamentos de Castanheiro

O regime de exploração de alto fuste adoptado para os povoamentos de Castanheiro, permitiu uma quantificação da disponibilidade anual de biomassa residual da ordem das **2.14** toneladas de biomassa em base seca, por hectare e por ano (quadro XVI).

Quadro XVI – Tabela de produção média de biomassa para a exploração de povoamentos de Castanheiro.

| idade | Biomassa do povoamento principal | | | | | | Biomassa do povoamento secundário | | | | | |
|---------------|----------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|-----------------------------------|-------|-------|--------|-------|--------|
| | total | lenho | casca | bicada | ramos | folhas | total | lenho | casca | bicada | ramos | folhas |
| 15 | 10.77 | 6.75 | 2.49 | 1.29 | 1.42 | 0.11 | 5.55 | 2.46 | 1.98 | 0.62 | 0.46 | 0.03 |
| 20 | 23.21 | 15.46 | 3.86 | 12.26 | 3.62 | 0.27 | 11.13 | 4.09 | 1.95 | 3.83 | 1.17 | 0.09 |
| 25 | 38.19 | 26.18 | 5.10 | 4.55 | 6.42 | 0.49 | 12.91 | 7.11 | 2.09 | 1.34 | 2.21 | 0.17 |
| 30 | 53.70 | 37.41 | 6.09 | 2.13 | 9.49 | 0.72 | 16.33 | 10.05 | 2.18 | 0.60 | 3.24 | 0.25 |
| 35 | 63.40 | 44.52 | 6.29 | 0.85 | 11.71 | 0.89 | 24.10 | 15.85 | 2.62 | 0.31 | 4.95 | 0.38 |
| 40 | 73.82 | 52.12 | 6.62 | 0.49 | 14.02 | 1.06 | 24.07 | 15.91 | 2.31 | 0.15 | 5.29 | 0.40 |
| 45 | 88.96 | 63.13 | 7.39 | 0.41 | 17.14 | 1.30 | - | - | - | - | - | - |
| 50 | 103.67 | 73.83 | 8.10 | 0.36 | 20.20 | 1.53 | - | - | - | - | - | - |
| 55 | 117.68 | 84.03 | 8.75 | 0.32 | 23.15 | 1.76 | - | - | - | - | - | - |
| 60 | 130.86 | 93.63 | 9.33 | 0.29 | 25.94 | 1.97 | - | - | - | - | - | - |
| Total | | | | | | | 128.32 | 55.47 | 22.45 | 7.14 | 43.26 | |
| Dispon. anual | | | | | | | 2.14 | 0.92 | 0.37 | 0.12 | 0.72 | |

Esta disponibilidade traduzida numa base anual, assumiu uma idade de corte final aos 60 anos, em que as componentes que mais contribuem para a produção de biomassa, provém dos desbastes realizados de 5 em 5 anos a partir dos 15 anos (povoamento secundário).

O povoamento principal, ainda que sem a contabilização do aproveitamento de lenho para a valorização energética, contribui de forma bastante expressiva para a disponibilidade total de biomassa, sobretudo ao nível da fracção de biomassa proveniente dos ramos (quadro XVI).

Em termos de disponibilidades anuais verificadas ao nível das unidades espaciais em análise, os povoamentos de Castanheiro são de entre as espécies secundárias consideradas, aqueles que possuem uma menor área afecta.

Ao nível da Nut I, a sua disponibilidade anual de biomassa foi estimada apenas, em cerca de 60,000 toneladas ano, no entanto a exclusão das áreas existentes sobre regime de protecção ainda reduzem esta disponibilidade para cerca de 45,000 toneladas ano em base seca (quadro XVII).

Quadro XVII - Disponibilidade média anual de biomassa proveniente de povoamentos de Castanheiro.

| Regime de protecção | Disponibilidade média anual de biomassa (t.ano ⁻¹) | | | | | Nut I |
|--------------------------|--|--------|-----|----------|---------|--------|
| | Norte | Centro | Lvt | Alentejo | Algarve | |
| Total de áreas afectas | 52,544 | 8,813 | 16 | 1,939 | - | 63,311 |
| Expt. áreas de protecção | 40,088 | 6,547 | 16 | 15 | - | 46,666 |

3.3. Análise da quantificação de biomassa proveniente dos resíduos de exploração para a totalidade das espécies consideradas

A disponibilidade média anual de biomassa quantificada para as espécies denominadas principais e secundárias, nos diferentes cenários de regime de protecção, reflecte um máximo teórico em função dos diversos modelos de exploração, característicos de cada espécie, considerados.

Neste sentido, importa não só distinguir o potencial aproveitamento teórico de cada conjunto de espécies, bem como reflectir sobre os coeficientes exequíveis de aproveitamento das diferentes componentes de biomassa residual.

A existência de uma maior adaptabilidade das espécies consideradas principais para o aproveitamento de biomassa residual, é traduzida em parte, por uma maior intensidade de exploração, o que gera no decorrer das operações florestais uma maior concentração de resíduos, conduzindo desta forma a uma maior eficiência na cadeia logística associada.

Por outro lado, as espécies consideradas secundárias, não só pela menor concentração dos resíduos gerados por ano e unidade de área, bem como por uma menor área efectiva de ocupação florestal (na maioria destas espécies), conduz na realidade a que os resíduos de exploração potencialmente gerados não encontrem na maioria dos casos uma valorização para um aproveitamento energético.

Desta forma, a determinação da disponibilidade de biomassa total para o conjunto das espécies analisadas, nos diferentes cenários de regime de protecção, foi enquadrada perante dois coeficientes distintos de aproveitamento. Uma abordagem mais conservadora, procurou reflectir o grau médio de aproveitamento alcançado no estudo "*Aprovechamento de biomassa forestal producida por la cadena monte-industria*" (Infante e Vieiras, 2004), o qual se estabeleceu em 55% da disponibilidade total de biomassa existente. Este mesmo estudo, indicou que pós optimização o grau de aproveitamento da biomassa existente possa ser incrementado de 55% para 75%, o que

levou à adopção deste último valor como referência para um cenário intermédio de aproveitamento.

Deste modo, no quadro XVIII apresentam-se os resultados referentes à disponibilidade anual de biomassa no período decorrente de 2007 a 2031, para as espécies consideradas principais e secundárias, ao nível a Nut I e em distintos cenários de aproveitamento (75% e 55%).

Dos valores obtidos, verifica-se que as espécies principais contribuem em 2010 com um potencial teórico de aproveitamento energético de biomassa residual da ordem 2,885,000 toneladas (base seca), e que as espécies secundárias representam um potencial teórico de 1,584,000 toneladas (base seca). Verifica-se ainda que o total das espécies principais e secundárias, num cenário de aproveitamento intermédio (75% face à disponibilidade teórica), são passíveis de disponibilizar cerca de 3,954,000 toneladas de biomassa (base seca), sendo no entanto este valor reduzido para cerca de 2,458,000 toneladas (base seca), num cenário de aproveitamento conservador (55% face à disponibilidade teórica).

A análise da disponibilidade anual das espécies principais e secundárias, ao nível da Nut I com exclusão das áreas sobre regime de protecção (quadro XIX), permite estabelecer para o ano de 2010, um potencial teórico de disponibilidade de biomassa de cerca de 4,045,000 toneladas (base seca), o que se traduz respectivamente, nos cenários de aproveitamento intermédio e conservador, em valores da ordem dos 3,034,000 e 2,225,000 toneladas de biomassa (base seca).

Embora a exclusão de exploração de áreas sobre regime de protecção, para o ano de 2010 conduza a uma maior disponibilidade de biomassa, este valor reflecte o esforço superior de corte, característico dos cenários sobre regimes de protecção, levando a que em anos iniciais do período de simulação as áreas que lhes estão afectas apresentem uma intensidade de corte superior. Com o decorrer dos anos, a capacidade de corte destas mesmas áreas é reduzida. Tal facto é validado, quando comparadas a disponibilidades médias anuais dos dois regimes de protecção, ou seja, em cenários de não protecção a disponibilidade média anual atinge em termos teóricos uma produtividade de 4,339,000 toneladas (base seca) o que contrasta com a disponibilidade média anual de 3,495,000 toneladas de biomassa (base seca), para o cenário de exclusão de áreas sobre regime de protecção.

Quadro XVIII – Disponibilidade média anual de biomassa florestal residual, proveniente das espécies principais e secundárias, ao nível da Nut I (cenário de procura constante para as espécies principais).

| Ano | Nut I - Disponibilidade anual de biomassa ('000 toneladas em base seca) | | | | | | | | |
|-------|---|-------|-------|----------------------|-------|-----|-------|-------|-------|
| | espécies principais | | | espécies secundárias | | | total | | |
| | 100% | 75% | 55% | 100% | 75% | 55% | 100% | 75% | 55% |
| 2007 | 3,249 | 2,437 | 1,787 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,833 | 3,625 | 2,658 |
| 2008 | 3,689 | 2,766 | 2,029 | 1,584 | 1,188 | 871 | 5,273 | 3,954 | 2,900 |
| 2009 | 3,696 | 2,772 | 2,033 | 1,584 | 1,188 | 871 | 5,280 | 3,960 | 2,904 |
| 2010 | 2,885 | 2,163 | 1,586 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,469 | 3,351 | 2,458 |
| 2011 | 3,053 | 2,290 | 1,679 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,637 | 3,478 | 2,550 |
| 2012 | 2,865 | 2,149 | 1,576 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,449 | 3,337 | 2,447 |
| 2013 | 2,914 | 2,186 | 1,603 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,498 | 3,374 | 2,474 |
| 2014 | 2,992 | 2,244 | 1,646 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,576 | 3,432 | 2,517 |
| 2015 | 3,897 | 2,923 | 2,143 | 1,584 | 1,188 | 871 | 5,481 | 4,111 | 3,015 |
| 2016 | 3,945 | 2,959 | 2,170 | 1,584 | 1,188 | 871 | 5,529 | 4,147 | 3,041 |
| 2017 | 3,265 | 2,449 | 1,796 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,849 | 3,637 | 2,667 |
| 2018 | 2,335 | 1,751 | 1,284 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,919 | 2,939 | 2,155 |
| 2019 | 2,275 | 1,706 | 1,251 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,859 | 2,894 | 2,122 |
| 2020 | 2,132 | 1,599 | 1,173 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,716 | 2,787 | 2,044 |
| 2021 | 2,257 | 1,693 | 1,241 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,841 | 2,881 | 2,113 |
| 2022 | 2,111 | 1,583 | 1,161 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,695 | 2,771 | 2,032 |
| 2023 | 2,792 | 2,094 | 1,536 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,376 | 3,282 | 2,407 |
| 2024 | 2,764 | 2,073 | 1,520 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,348 | 3,261 | 2,391 |
| 2025 | 2,804 | 2,103 | 1,542 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,388 | 3,291 | 2,413 |
| 2026 | 2,179 | 1,634 | 1,199 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,763 | 2,822 | 2,070 |
| 2027 | 2,185 | 1,639 | 1,202 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,769 | 2,827 | 2,073 |
| 2028 | 1,976 | 1,482 | 1,087 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,560 | 2,670 | 1,958 |
| 2029 | 1,839 | 1,379 | 1,011 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,423 | 2,567 | 1,882 |
| 2030 | 1,925 | 1,444 | 1,059 | 1,584 | 1,188 | 871 | 3,509 | 2,632 | 1,930 |
| 2031 | 2,850 | 2,138 | 1,568 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,434 | 3,326 | 2,439 |
| média | 2,755 | 2,066 | 1,515 | 1,584 | 1,188 | 871 | 4,339 | 3,254 | 2,386 |

Quadro XIX – Disponibilidade média anual de biomassa florestal residual, proveniente das espécies principais e secundárias, ao nível da Nut I excluindo regimes de protecção (cenário de procura constante para as espécies principais).

| Nut I excluído regime de protecção - Disponibilidade anual de biomassa ('000 toneladas em base seca) | | | | | | | | | |
|--|---------------------|-------|-------|----------------------|-----|-----|-------|-------|-------|
| Ano | espécies principais | | | espécies secundárias | | | total | | |
| | 100% | 75% | 55% | 100% | 75% | 55% | 100% | 75% | 55% |
| 2007 | 3,339 | 2,505 | 1,837 | 1,159 | 869 | 637 | 4,498 | 3,374 | 2,474 |
| 2008 | 3,773 | 2,830 | 2,075 | 1,159 | 869 | 637 | 4,932 | 3,699 | 2,713 |
| 2009 | 3,277 | 2,458 | 1,802 | 1,159 | 869 | 637 | 4,436 | 3,327 | 2,440 |
| 2010 | 2,886 | 2,165 | 1,587 | 1,159 | 869 | 637 | 4,045 | 3,034 | 2,225 |
| 2011 | 3,071 | 2,303 | 1,689 | 1,159 | 869 | 637 | 4,230 | 3,172 | 2,326 |
| 2012 | 2,804 | 2,103 | 1,542 | 1,159 | 869 | 637 | 3,963 | 2,972 | 2,179 |
| 2013 | 1,660 | 1,245 | 913 | 1,159 | 869 | 637 | 2,818 | 2,114 | 1,550 |
| 2014 | 1,717 | 1,288 | 945 | 1,159 | 869 | 637 | 2,876 | 2,157 | 1,582 |
| 2015 | 2,495 | 1,872 | 1,372 | 1,159 | 869 | 637 | 3,654 | 2,741 | 2,010 |
| 2016 | 2,650 | 1,987 | 1,457 | 1,159 | 869 | 637 | 3,808 | 2,856 | 2,095 |
| 2017 | 2,252 | 1,689 | 1,239 | 1,159 | 869 | 637 | 3,411 | 2,558 | 1,876 |
| 2018 | 2,015 | 1,511 | 1,108 | 1,159 | 869 | 637 | 3,173 | 2,380 | 1,745 |
| 2019 | 1,969 | 1,477 | 1,083 | 1,159 | 869 | 637 | 3,128 | 2,346 | 1,720 |
| 2020 | 1,788 | 1,341 | 984 | 1,159 | 869 | 637 | 2,947 | 2,210 | 1,621 |
| 2021 | 1,937 | 1,453 | 1,065 | 1,159 | 869 | 637 | 3,096 | 2,322 | 1,703 |
| 2022 | 1,867 | 1,400 | 1,027 | 1,159 | 869 | 637 | 3,025 | 2,269 | 1,664 |
| 2023 | 2,599 | 1,949 | 1,429 | 1,159 | 869 | 637 | 3,758 | 2,818 | 2,067 |
| 2024 | 2,687 | 2,015 | 1,478 | 1,159 | 869 | 637 | 3,846 | 2,884 | 2,115 |
| 2025 | 2,309 | 1,732 | 1,270 | 1,159 | 869 | 637 | 3,468 | 2,601 | 1,907 |
| 2026 | 1,961 | 1,471 | 1,079 | 1,159 | 869 | 637 | 3,120 | 2,340 | 1,716 |
| 2027 | 1,968 | 1,476 | 1,083 | 1,159 | 869 | 637 | 3,127 | 2,345 | 1,720 |
| 2028 | 1,620 | 1,215 | 891 | 1,159 | 869 | 637 | 2,778 | 2,084 | 1,528 |
| 2029 | 1,520 | 1,140 | 836 | 1,159 | 869 | 637 | 2,679 | 2,009 | 1,474 |
| 2030 | 1,585 | 1,189 | 872 | 1,159 | 869 | 637 | 2,743 | 2,058 | 1,509 |
| 2031 | 2,665 | 1,999 | 1,466 | 1,159 | 869 | 637 | 3,824 | 2,868 | 2,103 |
| média | 2,337 | 1,752 | 1,285 | 1,159 | 869 | 637 | 3,495 | 2,622 | 1,922 |

4. Conclusões

O conjunto de especificidades reflectidas no sector florestal, complementadas com uma conjectura de incentivo à produção de energias renováveis, tem-se traduzido nos últimos tempos, num conjunto de desenvolvimentos que potenciam a procura de biomassa florestal residual, para um aproveitamento energético.

Neste sentido, o presente estudo procurou avaliar, com base no Inventário Florestal Nacional 2005-2006, a potencial disponibilidade de biomassa proveniente de resíduos de exploração das principais espécies florestais, tanto numa escala de nível nacional (Nut I), bem como nas diferentes Nut II.

A identificação de variáveis com especial relevo para o aproveitamento de biomassa, entre as quais se destacam, a exploração em áreas sobre regimes de protecção, a previsão da evolução dos volumes de corte das espécies principais, bem como, os coeficientes técnicos de remoção de biomassa disponibilizada aquando a exploração dos diferentes povoamentos florestais, levaram à constituição de um conjunto de cenários distintos, de forma a garantir uma análise devidamente enquadrada, do potencial contributo da biomassa florestal residual, face à evolução do mercado de procura.

A evolução da disponibilidade biomassa proveniente das espécies consideradas principais, nos diferentes cenários em análise, permitiu verificar uma forte co-relação entre o volume de madeira a explorar e a quantidade de biomassa residual produzida.

No caso da exploração das áreas correspondentes aos povoamentos de eucalipto, a comparação entre o cenário de procura de volume constante e variável, traduz em ambos os casos, uma dificuldade dos povoamentos em satisfazerem os volumes de procura estabelecidos, sem que se venha a verificar um aumento significativo das áreas de produção de eucalipto.

A elevada proximidade entre estes dois cenários foi demonstrada por uma idêntica disponibilidade média anual de biomassa ao nível da Nut I, decorrente do período de simulação 2007 a 2031, a qual se quantifica em cerca de 1,200,000 toneladas de biomassa (base seca). Ainda considerando os mesmos cenários de volume de procura, a exclusão das áreas sobre regime de protecção, conduziu em ambos os casos, a uma diminuição da disponibilidade anual de biomassa, para valores da ordem de 1,100,000 toneladas de biomassa (base seca).

No caso da exploração das áreas correspondentes aos povoamentos de pinheiro bravo, o cenário de procura variável traduz ao contrário do verificado nos povoamentos de eucalipto, uma diminuição da procura de volume de lenho principal. No entanto, em termos da disponibilidade média anual ao nível da Nut I, para o mesmo período de simulação, verifica-se uma proximidade da capacidade de produção de biomassa residual, em ambos os cenários, cujo valor atinge cerca de 1,555,000 toneladas de biomassa (base seca). Uma vez mais, a exclusão das áreas sobre regimes de protecção, conduziram em ambos os casos a uma diminuição da disponibilidade média anual de biomassa, para valores da ordem de 1,225,000 toneladas (base seca).

A quantificação da biomassa proveniente do conjunto das espécies secundárias, não considerou uma evolução das disponibilidades ao longo do tempo. Neste sentido, foi assumida uma disponibilidade média anual, a qual reflecte uma distribuição homogénea pelas diferentes classes de idade de cada povoamento, da totalidade da biomassa residual proveniente das operações de exploração decorridas durante a revolução do povoamento.

Neste sentido a disponibilidade média anual ao nível da Nut I, para a totalidade das espécies secundárias, reflecte um valor de cerca de 1,585,000 toneladas de biomassa (base seca). Neste cenário, o maior contributo é dado pelos povoamentos de sobreiro (cerca de 40% do total), seguindo-se dos povoamentos de outros carvalhos e de azinheira (cerca de 27% e 19% do total).

A exclusão das áreas sobre regime de protecção ao nível da Nut I, traduzem uma diminuição da disponibilidade média anual em cerca de 425,000 toneladas biomassa (base seca), proveniente dos povoamentos de espécies secundárias.

Considerando uma procura actual de biomassa em território nacional de cerca de 1,715,000 toneladas (base seca), a qual se estima que evolua para uma procura em 2012 de cerca de 2,655,000 toneladas, e que perante a inexistência de projectos adicionais, tenda a estabilizar em 2015 com uma procura estimada em 3,080,000 toneladas (base seca), é possível verificar que:

- Assumindo um cenário de não exclusão de áreas protegidas, conjuntamente com um cenário conservador de aproveitamento de biomassa (55% face às existências), verifica-se que o conjunto das espécies principais e secundárias (2,458,000 toneladas) são suficientes para assegurar a procura existente em 2010.
- Assumindo um mesmo cenário de não exclusão de áreas protegidas, verifica-se que nos anos de 2012 e 2015, a procura de biomassa prevista, apenas é satisfeita quando considerando um cenário de aproveitamento intermédio (75% face às existências), e o conjunto das espécies principais e secundárias, ou seja, cerca de 3,337,000 toneladas em 2012 e 4,111,000 toneladas em 2015 (base seca).
- Perante o facto, de as espécies principais reflectirem um esforço de corte muito intenso, nos primeiros anos da simulação, resultado da procura expectável de lenho principal pela indústria estabelecida, no ano de 2020 é estimado que o conjunto das espécies principais e secundárias, num cenário de aproveitamento intermédio (75% face às existências), não consigam satisfazer a procura de biomassa, por um défice de cerca de 295,000 toneladas (base seca).
- Considerando a exclusão da exploração de áreas sobre regime de protecção, verifica-se que embora em 2010 a procura seja assegurada, num cenário conservador de aproveitamento de biomassa proveniente das espécies principais e secundárias (2,225,000 toneladas), em 2012 a procura apenas será satisfeita assumindo um cenário intermédio de aproveitamento (75% face às existências), das espécies principais e secundárias (2,972,000 toneladas).
- Ainda perante um cenário de exclusão de áreas sobre regime de protecção, verifica-se que no ano de 2015, a procura apenas será satisfeita em cenários onde o aproveitamento de resíduos seja superior a 85%, de forma a garantir uma procura de cerca de 2,655,000 toneladas (base seca). No ano de 2020, o défice entre a procura de biomassa e um cenário

onde o aproveitamento atinge 75% face às existências, corresponde a um valor de cerca de 870,000 toneladas de biomassa (base seca).

Deste modo, é possível concluir que a procura de biomassa tende a ser satisfeita no curto prazo, em cenários tendencialmente sustentáveis. No entanto uma projecção a médio e longo prazo, mesmo sem considerar incrementos significativos na procura deste recurso, acentua-se uma dificuldade de satisfação do mercado estabelecido, em condições de sustentabilidade semelhantes às verificadas no curto prazo.

5. Referências bibliográficas

ADENE e INETI (2001). **Fórum "Energias Renováveis em Portugal" – relatório síntese**; edição Adene; disponível em: <http://www.energiasrenovaveis.com>; acesso em: Maio 2005.

AFN (Autoridade Florestal Nacional), (2009). **Relatório final relativo aos incêndios florestais ocorridos no ano de 2009**; disponível em: <http://www.afn.min-agricultura.pt>; acesso em: Fevereiro de 2010.

Amaral, M. R., (2009). **As Políticas Públicas Florestais e o Ordenamento Florestal**; Comunicação no 6º Congresso Florestal Nacional, Ponta Delgada, Portugal.

ANEFA (Associação Nacional de Empresas Florestais, Agrícolas e do Ambiente), (2010). **Informação à imprensa - ANEFA reúne com Autoridade Florestal Nacional**; disponível em: <http://www.anefa.pt>; acesso em: Abril de 2010.

APA (Agência Portuguesa do Ambiente), (2010). **Portuguese National Inventory Report on Greenhouse Gases, 1990-2008**; Departamento de Alterações Climáticas, Ar e Ruído; Amadora, Portugal.

Carvalho, J., (2000). **Crescimento, produção e ecologia de povoamentos de Quercus pyrenaica Wild. em Portugal continental**; Tese de doutoramento. UTAD, Vila Real, Portugal. DGRF, 2001.

Comissão Europeia, (2004). **A Rede Natura 2000 e as Florestas – Desafios e Oportunidades**; Direcção-Geral do Ambiente; Luxemburgo.

DGF (Direcção geral de Florestas), (1999). **Anuário Florestal**; Edição Standarte; Lisboa, Portugal.

DGF (Direcção geral de Florestas), (2001). **Inventário Florestal Nacional, Portugal continental, 3ª Revisão, 1995/1998**; Direcção Geral das Florestas, Lisboa, Portugal.

DGGE (Direcção Geral de Energia e Geologia), (2009). **A Factura Energética Portuguesa – 2008**; disponível em: <http://www.dgge.pt/>; acesso em: Março de 2010.

DGGE (Direcção Geral de Energia e Geologia), (2010). **Balanço Energético – 2008 (Provisório)**; disponível em: <http://www.dgge.pt/>; acesso em: Março de 2010.

Farrajota, M., (2005). **O desenvolvimento Sustentável do Sector Florestal**; Cadernos de Economia, nº 71, Portugal.

Infante, F.S., Vieiras, G.P. (2004). **Aprovechamiento de la biomassa forestal producida por la cadena monte-industria**; Cis-madera; disponível em: <http://www.cismadera.com>; acesso em: Setembro 2005.

ISA (Instituto Superior de Agronomia), (2005). **Proposta Técnica de Plano Nacional de Defesa da Floresta Contra Incêndios**; disponível em: <http://www.isa.utl.pt/pndfci>; acesso em: Janeiro de 2010.

MADRP (Ministério da Agricultura, Desenvolvimento Rural e Pescas), (2005). **Biomassa e energias renováveis na agricultura, pescas e florestas (Ponto de situação, Junho 2005)**; disponível em: <http://www.min-agricultura.pt>; acesso: Outubro: 2005.

Monteiro, M. L., (1973). **Revisão do plano de Ordenamento da Mata Nacional do Cabeção**; Relatório de actividade do aluno estagiário do Curso de Engenheiro Silvicultor. Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Páscoa, F. e Silva, R., (1986). **Produto de podas em sobreiro**; Tabelas de biomassa. 1ª Encontro dos montados de sobre e azinho. Évora, Portugal.

Patrício, M. S., (2006). **Análise da potencialidade produtiva do castanheiro em Portugal**; Tese de doutoramento. ISA (Instituto Superior de Agronomia), UTL (Universidade Técnica de Lisboa), Lisboa, Portugal.

Paulo, J. A., Tomé, M., (2006). **Equações para estimação do volume e biomassa de duas espécies de carvalhos: Quercus suber e Quercus ilex**; Publicações GIMREF - RC1/2006. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Tomé, M., (2004). **Modelo de crescimento e produção para a gestão do montado de sobreiro em Portugal**; Relatório final do projecto POCTI/AGR/35172/99. Publicações GIMREF - RFP1/2004. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Tomé, J., Tomé, M., Barreiro, S., Paulo, J. A., (2006a). **Age-independent difference equations for modelling tree and stand growth**; Canadian Journal of Forestry Research 36: 1621-1630.

Tomé, M., (2005a). **Demonstração da gestão do montado de sobreiro apoiada em inventário florestal e modelos de crescimento e produção**; Relatório final do projecto AGRO nº 81.

Publicações GIMREF - RFP1/2005. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa, Portugal.

Tomé, M., (2005b). **Manual da versão interactiva do modelo SUBER-FOR**; Publicações GIMREF - RC1/2005. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. Portugal.

Tomé, M., Oliveira, T., Soares, P., (2006b). **O Modelo Glóbulus 3.0 dados e equações**; Publicações GIMREF - RC2/2006. Departamento de Engenharia Florestal, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa. Portugal.

Tomé, M., Barreiro, S., Cortiçada, A., Paulo, J. A., Meyer, A. V., Ramos, T., Malico, P., (2007). **Inventário Florestal 2005-2006 – Áreas, Volumes e Biomassas dos Povoamentos Florestais – resultados nacionais por Nut's II e III**; Publicações GIMREF – PT 8/2007. Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa. Portugal.

Tomé, M., Coelho, M. B., Soares, P., (2010). **Carbon stock changes in Portuguese forests. Forchange – Forest Ecosystem Management Under Global Change**; Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Centro de Estudos Florestais, Lisboa. Portugal.

Anexo I

Disponibilidade anual de biomassa de Eucalipto, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção, para as diferentes regiões

Nut II, assumindo um cenário de procura de volume constante.

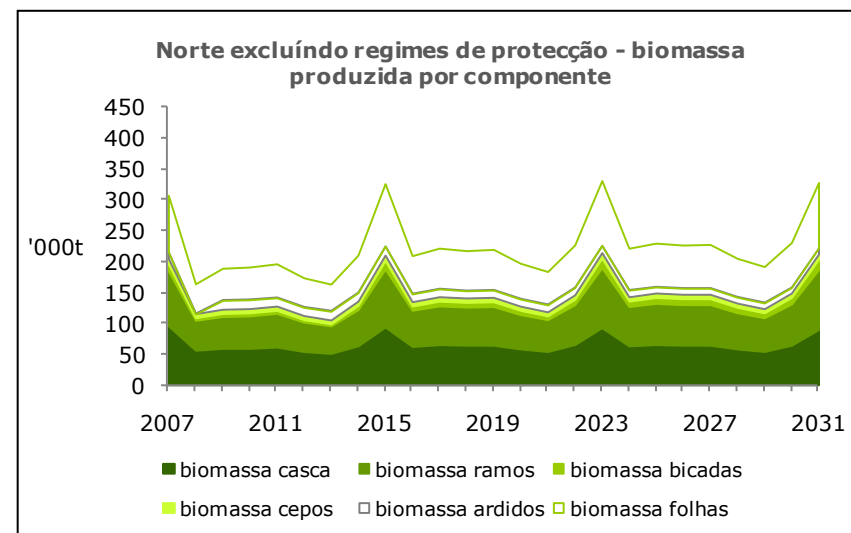
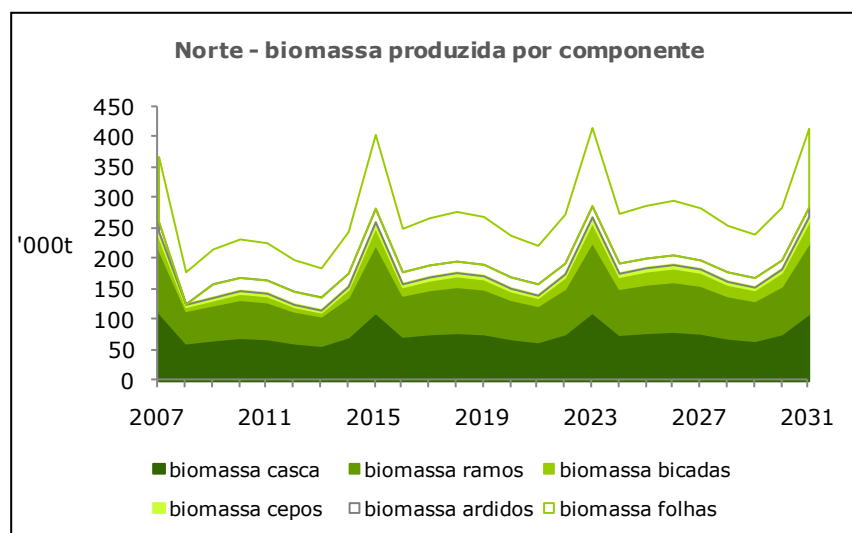


Figura A.1.1. – Disponibilidade anual de biomassa de eucalipto, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Norte).

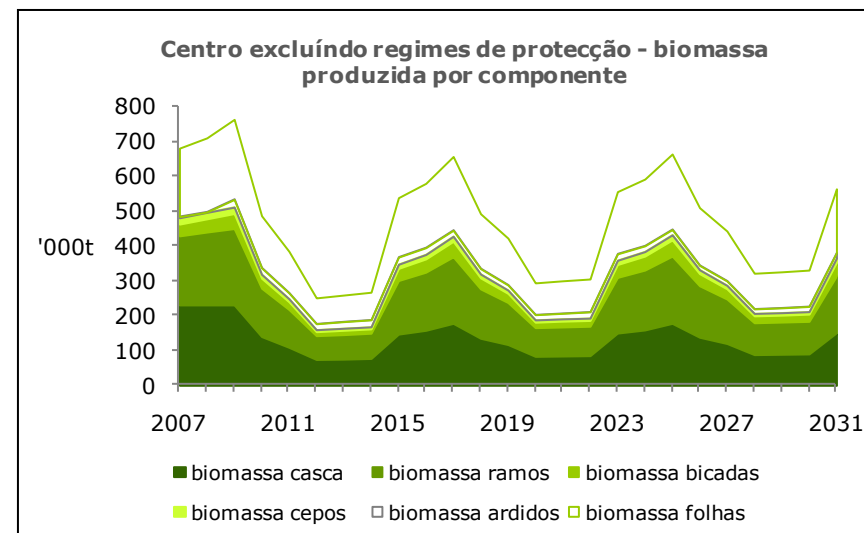
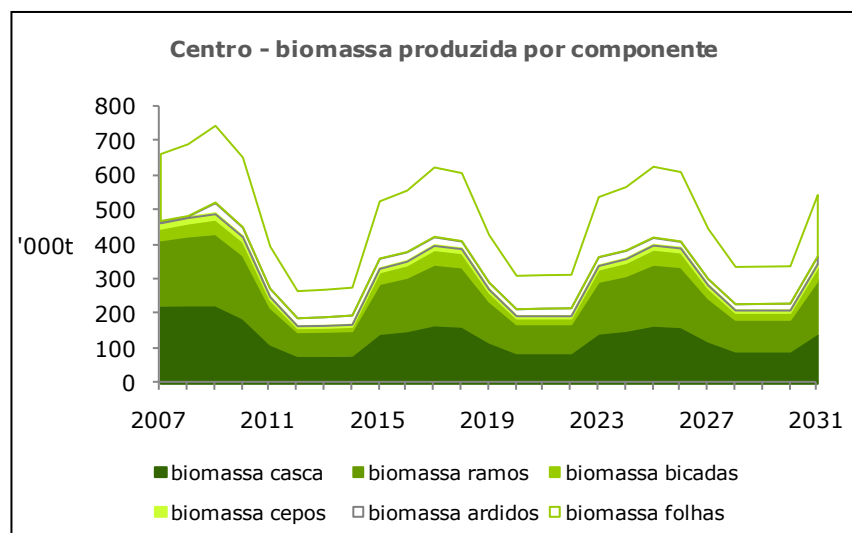


Figura A.1.2. - Disponibilidade anual de biomassa de eucalipto, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Centro).

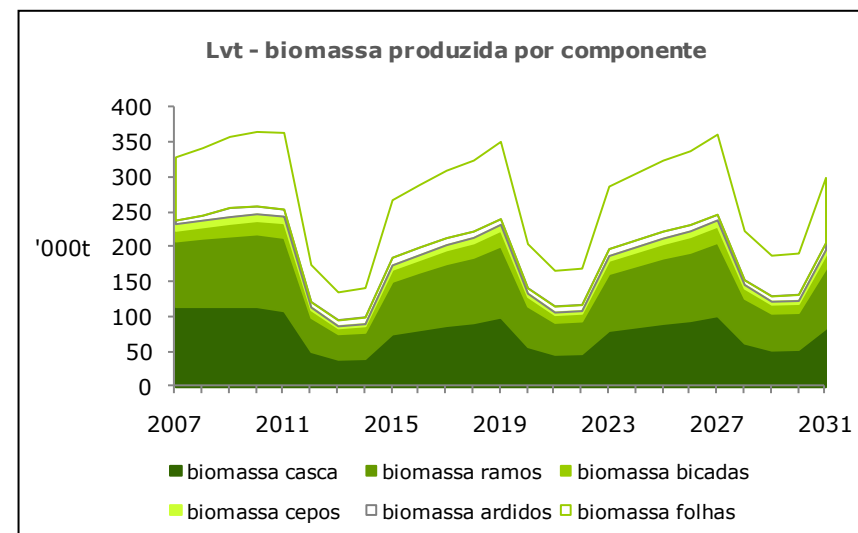
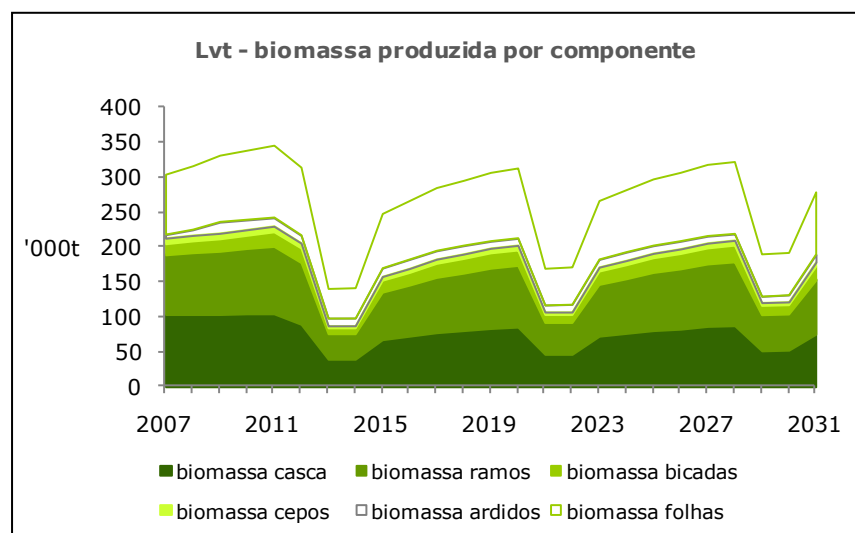


Figura A.1.3. - Disponibilidade anual de biomassa de eucalipto, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Lvt).

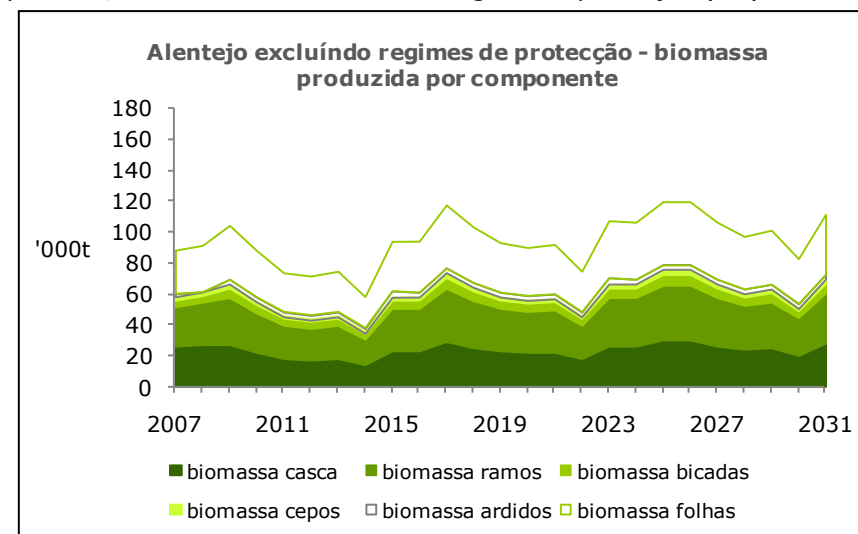
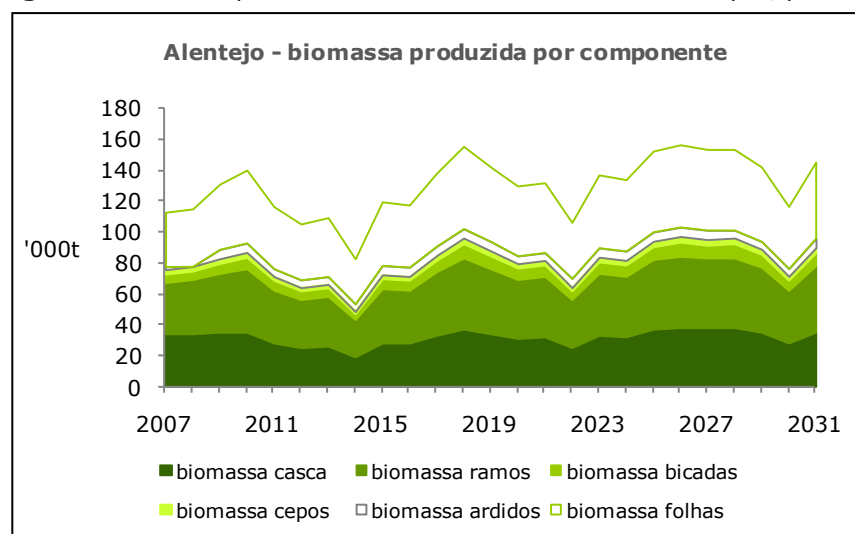


Figura A.1.4. - Disponibilidade anual de biomassa de eucalipto, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Alentejo).

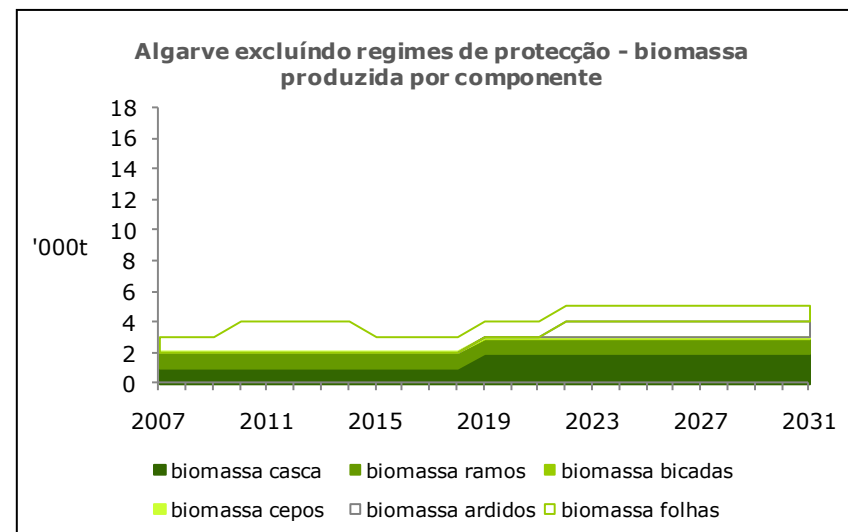
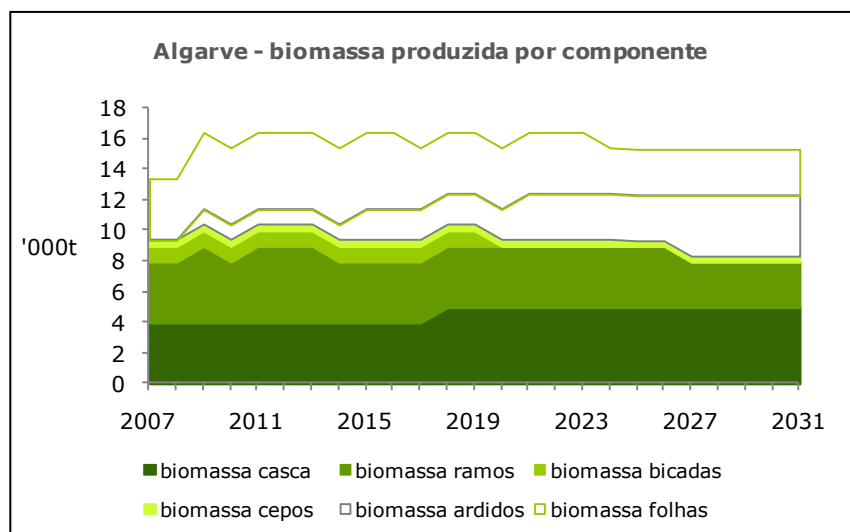


Figura A.1.5. - Disponibilidade anual de biomassa de eucalipto, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Algarve).

Anexo II

Disponibilidade anual de biomassa de Pinheiro bravo, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção, para as diferentes regiões Nut II, assumindo um cenário de procura de volume constante.

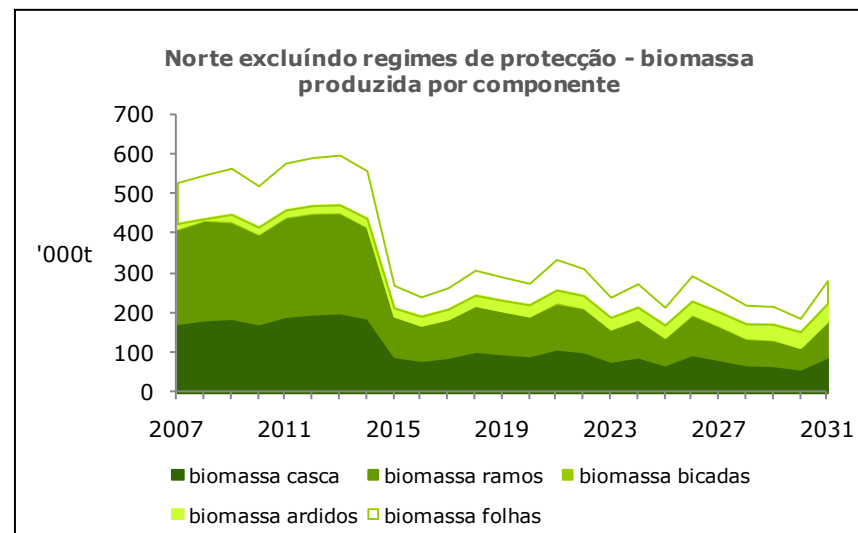
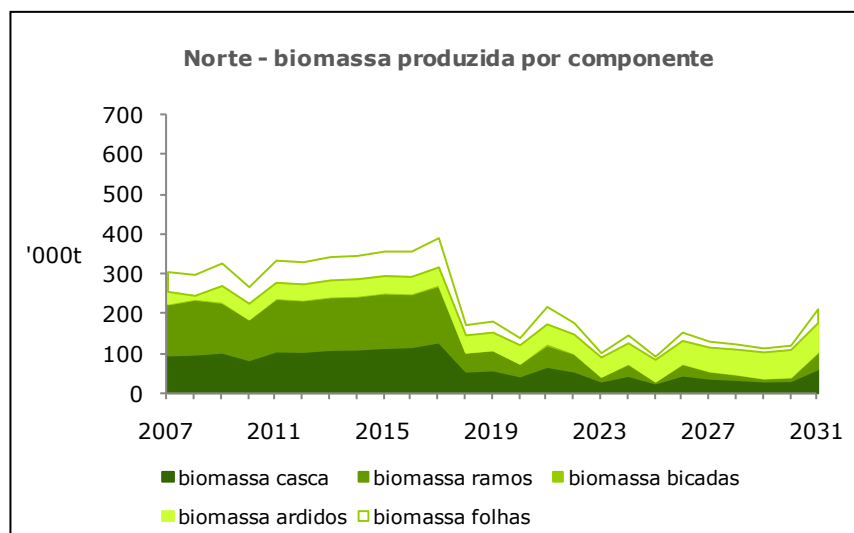


Figura A.2.1. - Disponibilidade anual de biomassa de P. bravo, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Norte).

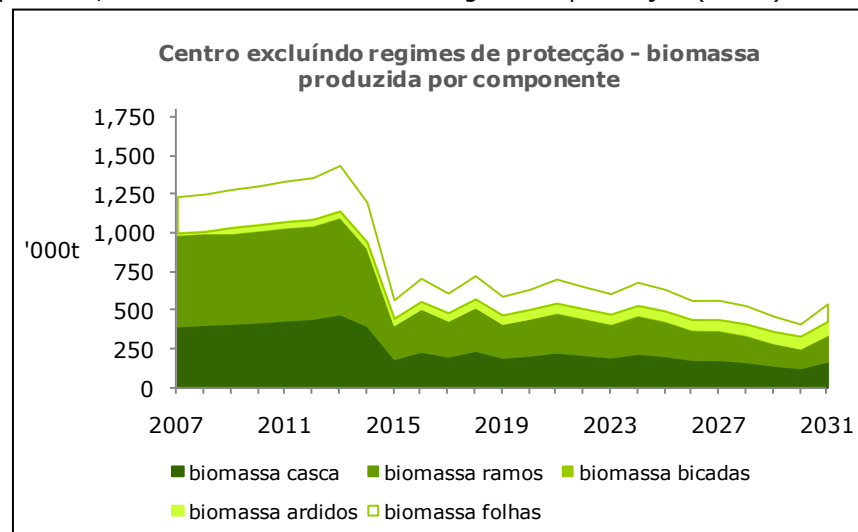
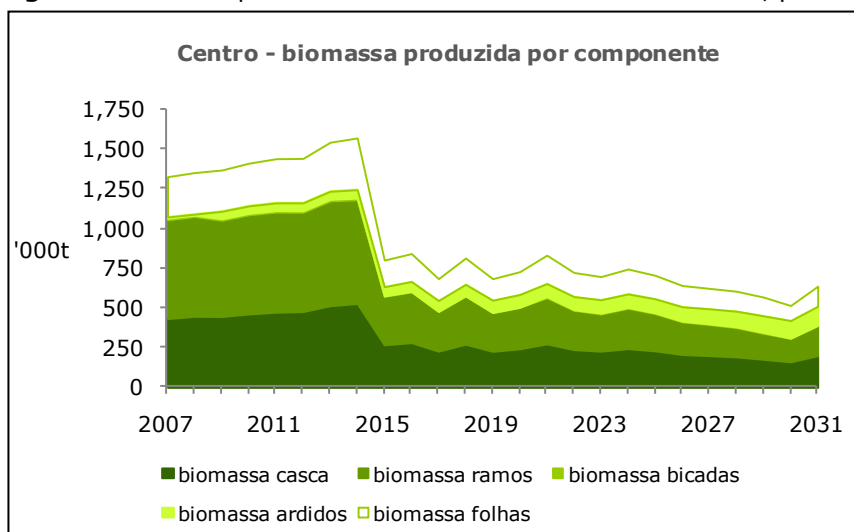


Figura A.2.2. - Disponibilidade anual de biomassa de P. bravo, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Centro).

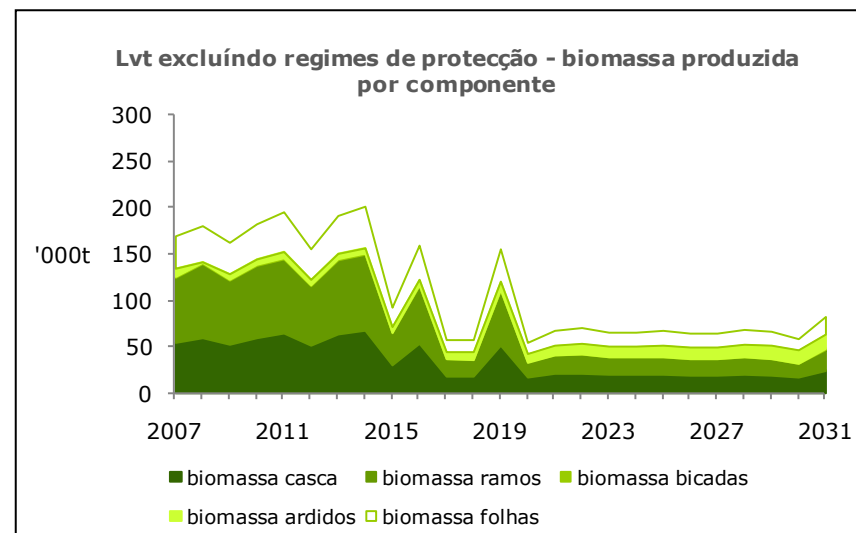
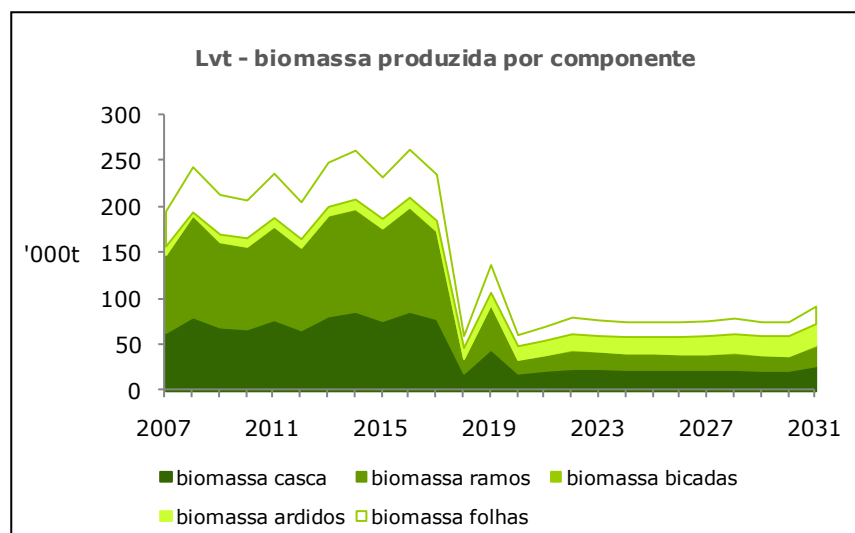


Figura A.2.3. - Disponibilidade anual de biomassa de P. bravo, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Lvt).

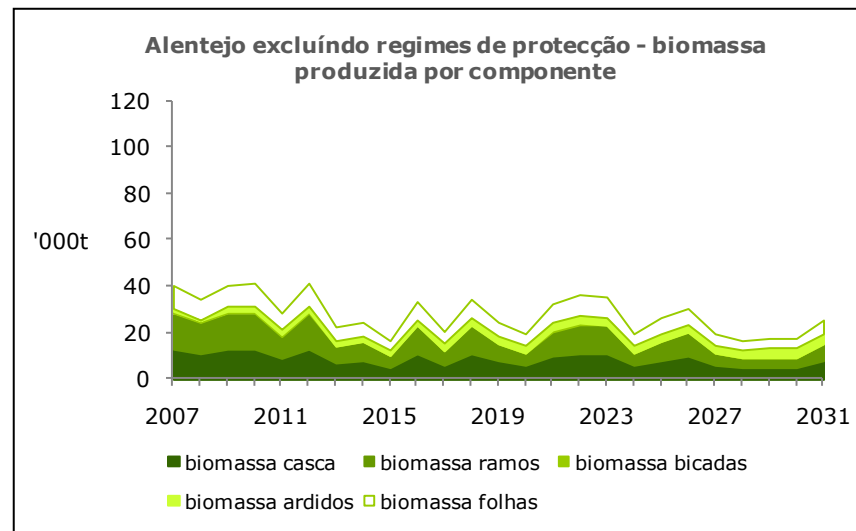
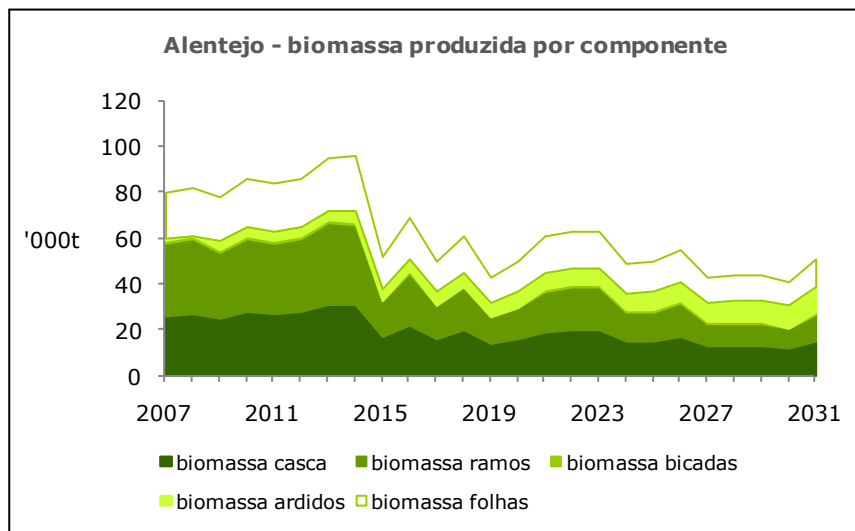


Figura A.2.4. - Disponibilidade anual de biomassa de P. bravo, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Alentejo).

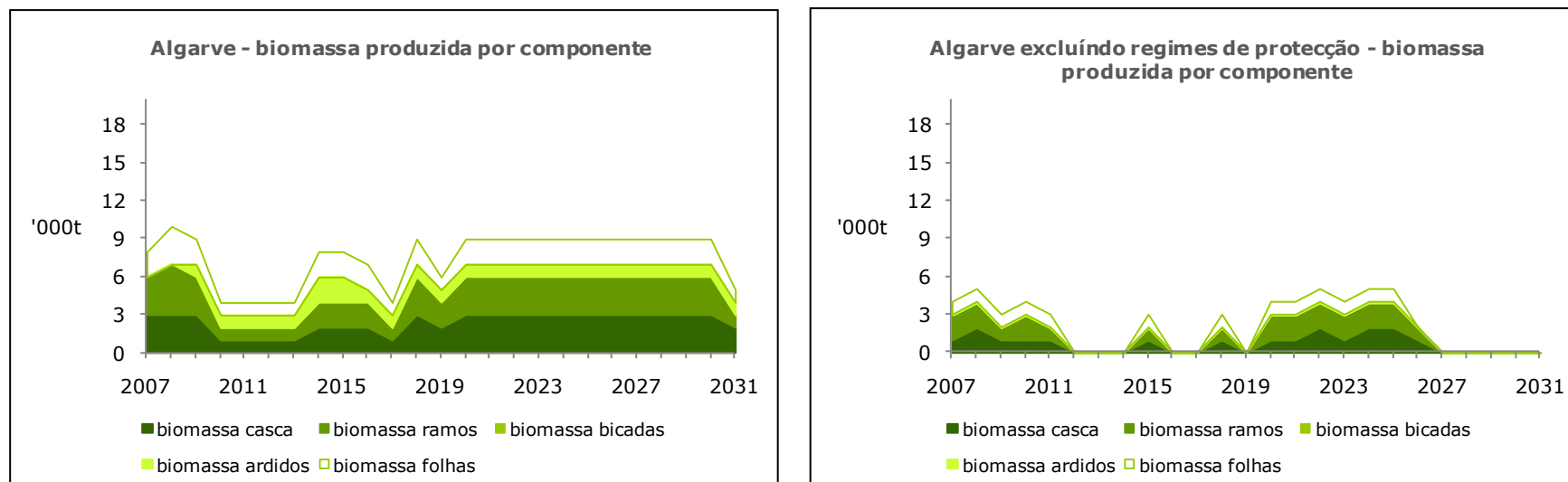


Figura A.2.5. - Disponibilidade anual de biomassa de P. bravo, por componente, nos diferentes cenários de regime de protecção (Algarve).

Anexo III

Disponibilidade total anual de biomassa, proveniente de espécies
primárias (procura constante e variável) e secundárias,
nos diferentes cenários de regime de protecção,
para as diferentes regiões Nut II

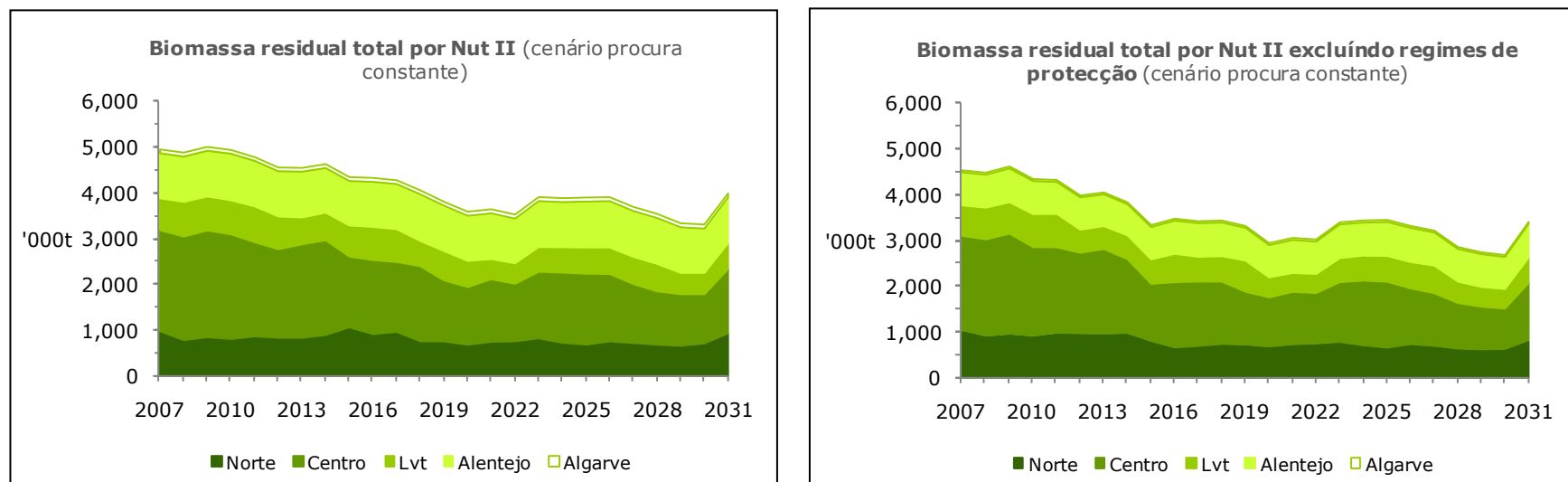


Figura A.3.1. – Disponibilidade total anual de biomassa, ao nível da Nut II em diferentes cenários de protecção (procura de vol. constante).

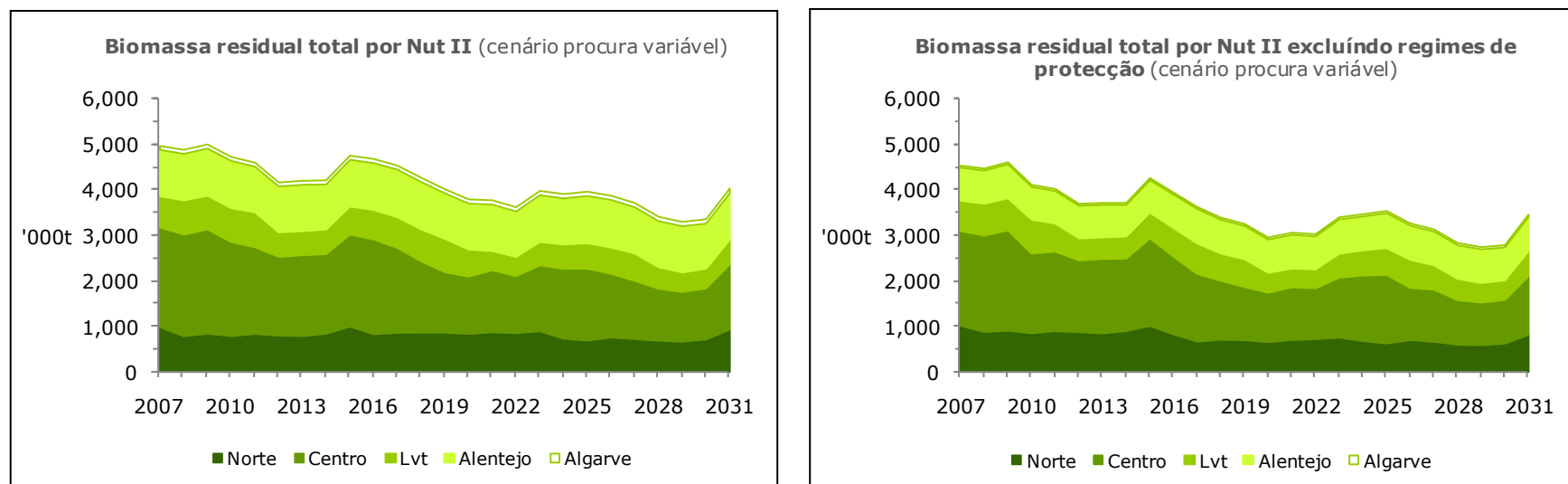


Figura A.3.2. - Disponibilidade total anual de biomassa, ao nível da Nut II em diferentes cenários de protecção (procura de vol. variável)

